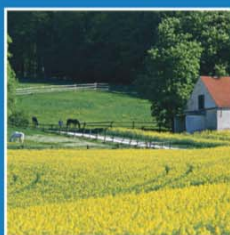


Klaus Fichter
Jens Clausen
Ralph Hintemann

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit,
gemeinnützige GmbH

Roadmap: Ressourceneffiziente Arbeitsplatz- Computerlösungen 2020

Arbeitspaket 9 des Projekts
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRess)



Wuppertal, November 2010

ISSN 1867-0237

Kontakt zu den Autor(inn)en:

Prof. Dr. Klaus Fichter/ Dr. Jens Clausen/ Dr. Ralph Hintemann
Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit,
gemeinnützige GmbH
14167 Berlin, Clayallee 323
Tel.: +49 (0) 30/306 45 10 00
Mail: fichter@borderstep.de

*„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“
(MaRes) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA*

Projektlaufzeit: 07/2007 – 12/2010

Projektleitung:

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Hennicke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 / -136, Fax: -198 / -145

Mail: kora.kristof@wupperinst.org
peter.hennicke@wupperinst.org

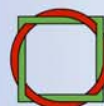
© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)
finden Sie unter **www.ressourcen.wupperinst.org**

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt bei den Autor(inn)en.



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Wuppertal Institut
in Kooperation mit

BASF
Borderstep
CSCP
Daimler
demea – VDI / VDE-IT
ECN
EFA NRW
FhG IAO
FhG UMSICHT
FU Berlin
GoYa!
GWS
Hochschule Pforzheim
IFEU
Institut für Verbraucherjournalismus
IÖW
IZT
MediaCompany
Ökopool
RWTH Aachen
SRH Hochschule Calw
Stiftung Warentest
ThyssenKrupp
Trifolium
TU Berlin
TU Darmstadt
TU Dresden
Universität Kassel
Universität Lüneburg
ZEW



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt

„Roadmap: Ressourceneffiziente Arbeitsplatz- Computerlösungen 2020“

Entwicklung eines Leitmarktes für Green Office Computing

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung: Entwicklung eines Leitmarktes für Green Office Computing	7
2	Einführung	9
3	Potenziele neuerer Computerlösungen für Arbeitsplätze	12
3.1	Wirtschaftlicher Vergleich	15
3.2	Stromverbrauch und Stromkosten im Vergleich	15
3.3	Fallbeispiel: TC&SBC in einem mittelständischen Industrieunternehmen	17
3.4	Fallbeispiel: Thin Clients im Bildungsnetz Bremerhaven	18
3.5	Fallbeispiel: TC&SBC in einer Steuerberatungskanzlei	19
3.6	Fallbeispiel: Thin Clients in der Sparkassenorganisation	21
4	Hemmnisse und Vorurteile	21
4.1	Entscheidungsfindung und Organisation	21
4.2	Hardware	22
4.3	Anwendungssoftware	22
4.4	Betriebssysteme und Standardisierung	23
4.5	Know-How im IT-Sektor	23
5	Trends und relevante Einflussfaktoren	23
5.1	Direkte Einflussfaktoren	24
5.2	Indirekte Einflussfaktoren	25
6	Delphi-Befragungen zur Entwicklung relevanter Einflussfaktoren bis 2020	29

7	Ziel und Funktion der Szenarien	30
8	Business-as-usual-Szenario „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“	32
9	Die Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“	44
10	Green IT-Szenario: Umsetzung der Roadmap bis 2020	52
11	Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario	58
12	Lessons learnt: Was kann ein kooperatives Roadmapping leisten?	66
13	Glossar	68
14	Anhang: Ausführliche Liste der Roadmap-Maßnahmen	72
15	Anhang: Berechnungstabelle BAU-Szenario	92
16	Anhang: Berechnungstabelle Green IT-Szenario	93
17	Literatur und Datenquellen	94

Abbildungen

Abb. 1:	Stromverbrauch verschiedener Typen von Arbeitsplatzcomputern innerhalb von 3 Jahren _____	16
Abb. 2:	Stromkosten verschiedener Typen von Arbeitsplatzcomputern innerhalb von 3 Jahren _____	17
Abb. 3:	Anzahl Computerendgeräte an Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Bildung) in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario _____	34
Abb. 4:	Kumulierter Energieaufwand (KEA) aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland p.a. in GWh (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario _____	35
Abb. 5:	Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland differenziert nach Endgerät (ohne Monitor) und Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) im Business-as-usual-Szenario _____	40
Abb. 6:	Materialeinsatz pro Arbeitsplatzcomputer in Deutschland in kg (inkl. Serveranteil, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario _____	41
Abb. 7:	Veränderung des Gesamtgewichtes der Komponenten von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland in Tonnen (ohne Serveranteil, ohne Monitore) im Business-as-usual-Szenario _____	42
Abb. 8:	CO ₂ -Emissionen durch den Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitore) im Business-as-usual-Szenario _____	43
Abb. 9:	Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020: Entwicklung eines Leitmarktes für Green Office Computing“ _____	51
Abb. 10:	Anzahl Computerendgeräte an Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Bildung) in Deutschland bis 2020 im Szenario Green IT _____	54
Abb. 11:	Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland differenziert nach Endgerät (ohne Monitor) und Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) im Szenario Green IT _____	55
Abb. 12:	Energieverbrauch aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland p.a. in GWh (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Szenario Green IT _____	56
Abb. 13:	Entwicklung des Gesamtgewicht der Komponenten von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland in Tonnen (ohne Serveranteil, ohne Monitore) im Szenario Green IT _____	57

Abb. 14:	CO ₂ -Emissionen durch den Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (ohne Monitore, inkl. Rechenzentrumsnutzung) im Szenario Green IT	58
Abb. 15	BAU- und Green IT-Szenario im Vergleich – Energiebedarf (KEA) von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Herstellung und Terminalservernutzung, ohne Monitor)	59
Abb. 16:	Primärenergieeinsparung (KEA) durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)	60
Abb. 17:	Einsparung von Stromkosten durch Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)	61
Abb. 18:	Reduzierung von CO ₂ -Emissionen durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)	62
Abb. 19:	Materialeinsparung bei Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Terminalserveranteile, ohne Monitor) durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT –Szenario)	64

Tabellen

Tab. 1:	Verschiedene Typen von Arbeitsplatzcomputern im Vergleich _____	13
Tab. 2:	Übersicht der Wirkung indirekter Schlüsselfaktoren auf zentrale Kenngößen (direkte Einflussfaktoren) des Energie- und Materialbedarfs arbeitsplatzbezogener Computerarbeitsplätze _____	26
Tab. 3:	Anteile der Softwarebereitstellung bei Computerendgeräten an Arbeitsplätzen in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario ____	36
Tab. 4:	Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch pro neuem Computerendgerät in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual- Szenario _____	37
Tab. 5:	Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch eines Terminalserver bis 2020 in Deutschland im Business-as-usual-Szenario _____	38
Tab. 6:	Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario _____	39
Tab. 7:	Durchschnittlicher kumulierter Energieaufwand (KEA) unterschiedlicher Computerlösungen an Arbeitsplätzen in Deutschland im Szenario Green IT _____	53
Tab. 8:	Durchschnittlicher Materialeinsatz unterschiedlicher Computerlösungen an Arbeitsplätzen in Deutschland im Szenario Green IT _____	53
Tab. 9:	Ausstattung von Unternehmen, Behörden und Schulen mit Arbeitsplatzcomputern in Deutschland im Szenario Green IT _____	54
Tab. 10:	Energie-, CO ₂ - und Stromkostenreduktion durch die verschiedenen Roadmap-Maßnahmenbereiche _____	63
Tab. 11:	Beitrag verschiedener Roadmap-Maßnahmenbereiche zur Materialeinsparung _____	65
Tab. 12:	Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT- Szenario _____	65

Mitglieder der Roadmapping-Steuerungsgruppe

Name	Organisation
Dr. Jens Clausen	Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Kay Uwe Claussen	Citrix Systems GmbH
Wolfgang Dorst	ORACLE Deutschland B.V. & Co KG
Prof. Dr. Klaus Fichter	Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Heiko Gloge	IGEL Technology GmbH
Jürgen Graf	Fujitsu Technology Solutions GmbH
Thomas Heinz	acentrix GmbH
Dr. Ralph Hintemann	Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
Rolf Kleinwächter	Fujitsu Technology Solutions GmbH
Christian Knermann	Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
Marina Köhn	Umweltbundesamt, Fachgebiet Z 7-B
Dr. Frank Lampe	IGEL Technology GmbH
Guido Massfeller	Citrix Systems GmbH
Holger Skurk	BITKOM e.V.
Bernhard Weinkamp	Finanz Informatik GmbH & Co. KG, Produkt & Verfahrensmanagement

1 Kurzfassung: Entwicklung eines Leitmarktes für Green Office Computing

Die „IT-Landschaft“ in Unternehmen, Behörden und (Hoch-)Schulen befindet sich derzeit in einem grundlegenden Umbruch, der insbesondere die arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen betrifft. Der Wandel im Bereich des „Office Computing“ eröffnet sowohl für die IT-Anwender wie aber auch für die Hersteller und Anbieter am IT-Standort Deutschland neue Chancen. Neue Gerätetypen wie der Mini-PC oder serverbasierte Konzepte wie die Desktop-Virtualisierung bieten nicht nur betriebswirtschaftlich interessante Optionen, sondern erlauben auch erhebliche Energie- und Ressourceneinsparpotenziale.

Seit den 1980er Jahren hat sich der Desktop-PC zur dominierenden Form arbeitsplatzbezogener Computerlösungen entwickelt. Der heutige Bestand von 26,5 Mio. Arbeitsplatzcomputern in Deutschland setzt sich zusammen aus 50% Desktop-PCs, 41% Notebooks, 8% Thin Clients und 1% Mini-PCs (oder auch Kompakt-PCs bzw. Nettops), die als neue Gerätegeneration erst seit gut zwei Jahren am Markt verfügbar sind. In den vergangenen Jahren haben insbesondere Notebooks aufgrund ihrer mobilen Einsatzmöglichkeit rasant an Bedeutung gewonnen. Daneben stehen aber auch seit über zehn Jahren leistungsfähige serverbasierte Konzepte wie das Thin Client & Server Based Computing zur Verfügung. Letztere stellen die für einen Arbeitsplatz notwendige Anwendungssoftware durch sogenannte Terminalserver zur Verfügung, so dass am Arbeitsplatz kein Desktop-PC mehr notwendig ist. Lediglich ein kleiner intelligenter „Kasten“, ein „Thin Client“, der den Datentransfer zwischen Terminalserver und Ein- und Ausgabegeräten wie Bildschirm, Tastatur und Maus steuert, wird dann noch benötigt. Der „Desktop“ ist also nur noch dem Eindruck nach vorhanden, die eigentlichen Rechen- und Speicherleistungen finden im Terminalserver statt. Aus diesem Grund kann hier auch von „Desktop-Virtualisierung“ gesprochen werden. Desktop-Virtualisierung stellt eine langjährig bewährte Form dessen dar, was in jüngerer Zeit als „Cloud Computing“ diskutiert und z.B. durch die Initiative Cloud Computing von Bundesregierung, BITKOM e.V. und weiteren Partnern gezielt gefördert werden soll.

Neben den Umweltentlastungspotenzialen durch den Einsatz der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), z.B. durch die intelligente Steuerung von Stromnetzen und Gebäuden, sind die Herstellung von IKT-Geräten (PCs etc.) und Infrastrukturen (Rechenzentren usw.) sowie deren Nutzung mit großem Energie- und Ressourcenverbrauch verbunden, der in der Vergangenheit kontinuierlich angestiegen ist. Die 26,5 Mio. Arbeitsplatzcomputer, die in Deutschland im Jahr 2010 im Einsatz waren, verbrauchten rund 3,9 TWh an Strom. Das ist mehr als ein großes Kohlekraftwerk im Jahr produzieren kann.

Vor diesem Hintergrund wurde in dem von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltbundesamt geförderten Vorhaben „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (2007 – 2010) geprüft, welche Computerlösungen und Technologien geringere Energie- und Materialverbräuche aufweisen und die Mög-

lichkeit zur gezielten Entwicklung von Leitmärkten für Ressourceneffizienz bieten. Dabei hat sich gezeigt, dass mit Blick auf arbeitsplatzbezogene Computerlösungen insbesondere das Thin Client & Server Based Computing hohe Energie- und Materialeinsparpotenziale aufweist. Auf Basis der wissenschaftlichen Ausgangsanalyse wurde der Bereich des „Thin Client & Server Based Computing“ für stationäre Arbeitsplätze als Betrachtungsfeld für einen Dialogprozess zwischen IT-Herstellern, IT-Anwendern, Politik, Behörden und Wissenschaft zur Entwicklung einer Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ ausgewählt. Um die unterschiedlichen Sichtweisen und Interessen kontinuierlich in das Roadmapping-Vorhaben zu integrieren und wichtige Umsetzungsakteure für die spätere Umsetzung der Roadmap frühzeitig einzubinden, wurde ein Steuerungskreis eingerichtet, der sich im Zeitraum von September 2008 bis September 2010 regelmäßig getroffen und ausgetauscht hat. Der Steuerungskreis hat die Analysearbeiten, die durch das Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit vorgenommen wurden, fachlich begleitet und unterstützt. Außerdem hat der Steuerungskreis die Roadmap erarbeitet und verabschiedet.

Aufgrund der wachsenden Bedeutung des Dienstleistungssektors, der zunehmenden Computerisierung von Branchen mit bisher geringer Computerausstattung (Handel, Handwerk etc.) und der politischen Zielsetzung, Schulen und Hochschulen zukünftig besser mit Computern auszustatten, gehen aktuelle Schätzungen davon aus, dass der Bestand an Arbeitsplatzcomputern in Deutschland bis 2020 auf rund 37,5 Mio. Geräte anwachsen wird. Trotz der kontinuierlichen Steigerung bei der Energieeffizienz der Geräte würde ein weiterhin hoher Einsatz von PCs dazu führen, dass der Energieverbrauch durch Arbeitsplatzcomputer in Deutschland in den nächsten Jahren weiter wächst.

Der Desktop-PC wird als „Computer-Allround-Talent“ auch zukünftig bei einzelnen Anwendungen eine sinnvolle Lösung darstellen, für den ganz überwiegenden Teil von Büro- und Arbeitsplatzanwendungen stellen Mini-PCs, Notebooks und insbesondere das Thin Client & Server Based Computing (TC&SBC) unter ökologischen Gesichtspunkten aber eindeutig die besseren Alternativen dar. Für das TC&SBC können aber auch andere Vorteile wie ein geringerer Administrationsaufwand, höhere Sicherheit und geringere Total Cost of Ownership sprechen. Vor diesem Hintergrund und aufbauend auf einer umfangreichen Analyse, warum sich Ansätze des Thin Client & Server Based Computing trotz bestehender Best Practice-Anwendungen in der Praxis bislang nur sehr schleppend verbreiten (Hemmnisanalyse), wurde die Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ erarbeitet.

Ziel der Roadmap ist ein nachhaltiger Strukturwandel bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland bis 2020. Mit der Roadmap soll ein Leitmarkt für „Green Office Computing“ entwickelt werden, der zu folgenden wirtschaftlichen und ökologischen Zielen beiträgt:

Erhöhung des Anteils energie- und materialeffizienter Arbeitsplatzcomputerlösungen von heute 50% auf über 60% in 2013 und 85% in 2020.¹

Reduzierung des durchschnittlichen Primärenergieaufwands (KEA) von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von heute 500 kWh pro Jahr (inkl. Herstellung und Terminalserveranteil, ohne Monitor) auf 400 kWh in 2013 und 200 kWh pro Jahr in 2020.

Reduzierung des durchschnittlichen Produktgewichts pro Arbeitsplatzcomputer (inkl. Serveranteil) von heute 5,2 kg (ohne Monitor) um 20% bis 2013 und um mindestens 50% bis 2020.

Die 39 Maßnahmen der Roadmap dienen dazu, die genannten Zielsetzungen zu erreichen. Die Realisierung der Roadmap-Maßnahmen würden bis 2020 zu einer Einsparung von 29,4 TWh an Primärenergie, zu einer Stromkosteneinsparung von 2,75 Mrd. Euro sowie zu einer Reduzierung von CO₂-Emissionen von 5,5 Mio. t und von 245.000 t an Computermaterial führen. Mit der Umsetzung der Roadmap kann außerdem ein rasant wachsender Markt für „grüne“ Zukunftstechnologien erfolgreich erschlossen und Deutschland als Green IT-Pionier im internationalen Wettbewerb positioniert werden.

Das breite Spektrum an Maßnahmen sowie die Ressourcen, die zu ihrer Umsetzung notwendig sind, machen deutlich, dass die Realisierung der Roadmap nur in einer konzertierten Aktion von IKT-Herstellern, IKT-Anwendern, Politik und Wissenschaft gelingen kann. Zur Durchführung der Roadmap wird hier daher die Gründung einer Initiative „Green Office Computing“ in der Form einer Öffentlich-Privaten-Partnerschaft vorgeschlagen. Als Netzwerk von Partnern, die ressourceneffiziente Computerlösungen in Unternehmen, Verwaltung und Bildungseinrichtungen fördern und voranbringen möchten, dient die Initiative als institutionelle „Plattform“, die sich um die Entwicklung der strategischen Partnerschaft sowie um die Koordination der Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen kümmert. Die Initiative sollte durch die Bundesregierung, IKT-Anbieter, IKT-Anwender (Rat der IT-Beauftragten, CIOcolloquium, etc.), Branchenverbände wie BITKOM sowie wissenschaftliche Einrichtungen getragen werden.

2 Einführung

Für die heutige Informations- und Wissensgesellschaft bildet die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) die technische Basis und trägt als dynamisches Innovationsfeld maßgeblich zur wirtschaftlichen Entwicklung bei. Dabei kann die IKT in vielen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereichen einen wichtigen Beitrag zur Einsparung von natürlichen Ressourcen leisten, z.B. durch die intelligente Steuerung von Stromnetzen und Gebäuden oder durch Telefon- und Videokonferenzen.

¹ Als „energie- und materialeffizient“ werden hier solche Computerlösungen betrachtet, die mindestens 20% weniger an Energie verbrauchen bzw. mindestens 20% weniger an Endgerätegewicht haben als eine durchschnittliche Arbeitsplatzcomputerlösung im Jahr 2010.

Neben den Umweltentlastungspotenzialen der IKT sind die Herstellung von IKT-Geräten (PCs, Notebooks, Fernseher etc.) und Infrastrukturen (Rechenzentren, Mobilfunknetze usw.) sowie deren Nutzung mit großem Energie- und Ressourcenverbrauch verbunden, die in der Vergangenheit kontinuierlich angestiegen sind. Wurde der IKT-bedingte Stromverbrauch in Deutschland für das Jahr 2001 von Cremer et al. (2003) noch mit ca. 38 TWh bestimmt, so betrug er laut Fraunhofer IZM/ISI (2009) im Jahr 2007 bereits ca. 55 TWh. Dies entspricht ca. 10,5% des deutschen Stromverbrauchs. Das stärkste Wachstum ist dabei bei den IKT-Infrastrukturen, d.h. bei den Servern und Rechenzentren sowie den Festnetzen und dem Mobilfunk, zu verzeichnen. Den relativ größten Anteil am IKT-bedingten Stromverbrauch haben aber nach wie vor die Endgeräte. Einen wesentlichen Anteil hieran haben Arbeitsplatzcomputer. Die rund 26,5 Mio. Arbeitsplatzcomputer, die in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen und Hochschulen) in Deutschland derzeit im Einsatz sind, verbrauchen pro Jahr rund 3,9 TWh an Strom (Fichter, Clausen, Hintemann 2010, 21).

Vor diesem Hintergrund wurde in dem von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltbundesamt geförderten Vorhaben „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (2007 – 2010) geprüft, welche Computerlösungen und Technologien besondere Energie- und Materialeffizienzpotentiale aufweisen und die Möglichkeit zur gezielten Entwicklung von Leitmärkten für Ressourceneffizienz bieten. Dabei hat sich gezeigt, dass mit Blick auf arbeitsplatzbezogene Computerlösungen insbesondere das Thin Client & Server Based Computing hohe Energie- und Materialeinsparpotenziale aufweist (Fichter/Clausen, 2008a; Fraunhofer UMSICHT 2008).

Auf Basis der wissenschaftlichen Ausgangsanalyse und der hierbei ermittelten Ressourceneinsparpotenziale im Bereich der IKT und insbesondere im Bereich von Arbeitsplatzcomputern, wurde in Abstimmung mit den Fördermittelgebern Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt der Bereich des „Thin Client & Server Based Computing“ für stationäre Arbeitsplätze als Betrachtungsfeld für einen Dialogprozess zwischen IT-Herstellern, IT-Anwendern, Politik, Behörden und Wissenschaft zur Entwicklung einer Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ ausgewählt.

Das Integrierte Roadmapping ist eine bewährte Methode der Früherkennung strategischer Chancen und Risiken und dient der Bündelung vieler Einzelthemen, der Identifizierung von Hemmnissen und Handlungsoptionen sowie der Benennung von Prioritäten und Maßnahmen in einem definierten Technologie- oder Anwendungsfeld. Ziele des Roadmapping-Projektes „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020 - Entwicklung eines Leitmarktes für Green Office Computing“ waren:

die Ermittlung der mittel- bis langfristigen Energie- und Materialeffizienzpotenziale von Thin Client & Server Based Computing (TC & SBC),

die Identifizierung der Einsatzmöglichkeiten und Hemmnisse von TC & SBC insbesondere bei mittelständischen Unternehmen, Verwaltungen, Bildungseinrichtungen sowie Privathaushalten,

die Entwicklung von Leuchtturmprojekten für die Anwendung des Thin Client & Server Based Computing,

die Erarbeitung gemeinsamer Szenarien für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen, die Erarbeitung einer Branchen-Roadmap mit dem Zeithorizont 2020 mit konkreten Maßnahmen und Meilensteinen zur Entwicklung des Leitmarktes für Green Office Computing.

Um die unterschiedlichen Sichtweisen und Interessen rund um die Wertschöpfungskette für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen kontinuierlich in das Roadmapping-Vorhaben zu integrieren und wichtige Umsetzungsakteure für die spätere Umsetzung der Roadmap frühzeitig einzubinden, wurde ein Steuerungskreis eingerichtet, der sich im Zeitraum von Sept. 2008 bis Sept. 2010 regelmäßig getroffen und ausgetauscht hat. Der Steuerungskreis² hat die Analysearbeiten, die durch das Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit vorgenommen wurden, fachlich begleitet und unterstützt. Außerdem hat der Steuerungskreis die Roadmap erarbeitet und verabschiedet.

Der zweijährige Roadmapping-Prozess bestand aus folgenden Arbeitsschritten:

Ökologische Bewertung verschiedener Optionen für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen

Auswahl relevanter Branchen und Sektoren zur Erschließung von Ressourceneffizienzpotenzialen bei Arbeitsplatzcomputern

Analyse der ausgewählten Schwerpunktsektoren (Kleine Dienstleistungsunternehmen, Bundesbehörden, Schulen, Home Office)

Fallstudien und Ermittlung von Best Practice-Anwendungen ressourceneffizienter arbeitsplatzbezogener Computerlösungen (TC&SBC etc.)

Befragungen von Anwendern (u.a. Befragung aller Bundesbehörden) und Systemhäusern/Händlern zu Barrieren der Nutzung von TC&SBC

Analyse technologischer, marktlicher und gesellschaftlicher Trends

Durchführung von vier Delphi-Befragungen zur Abschätzung von Zukunftstrends

Entwicklung eines Business as usual-Szenarios „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“

Erarbeitung einer Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“, Verabschiedung der Roadmap durch den Steuerungskreis im September 2010

Ableitung eines Green IT-Szenarios auf Basis der Roadmap und Ermittlung der Ressourceneinsparpotenziale durch die Umsetzung der Roadmap

Aufbereitung der Ergebnisse (Roadmap, Best Practice etc.) für die Veröffentlichung und Durchführung von Transferworkshops.

Das vorliegende Dokument stellt die Ergebnisse des Roadmapping-Prozesses sowie die Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“, vor.

² Die Mitglieder des Roadmapping-Steuerungskreises sind auf S. **Fehler! Textmarke nicht definiert.** aufgeführt.

3 Potenziale neuerer Computerlösungen für Arbeitsplätze

Die rund 26,5 Mio. Arbeitsplatzcomputer, die in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen und Hochschulen) in Deutschland derzeit im Einsatz sind, verbrauchen pro Jahr 3,9 TWh an Strom (Fichter, Clausen, Hintemann 2010, 29). Das ist mehr Strom als ein großes Kohlekraftwerk im Jahr produzieren kann. Zusammen mit der Energie, die zur Herstellung der Geräte nötig ist, ergibt sich für das Jahr 2010 ein Primärenergiebedarf für die Herstellung und den Betrieb von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von 13,2 TWh. Der derzeitige Bestand an Arbeitsplatzcomputern setzt sich zusammen aus 50% PCs, 41% Notebooks, 8% Thin Clients und 1% Mini-PCs (oder auch Kompakt-PCs bzw. Nettops), die als neue Gerätegeneration erst seit gut zwei Jahren am Markt verfügbar sind (Ebd., S. 17).

Mit Blick auf stationäre Computerarbeitsplätze deuten alle bis dato vorliegenden Untersuchungen und Informationen darauf hin, dass Thin Client & Server Based Computing ökologische Vorteile gegenüber dem „klassischen“ Desktop-PC bietet (Fraunhofer UMSICHT 2008; Clausen et al. 2010). Eindeutig und klar fundiert ist dies mit Blick auf die bessere Energieeffizienz des TC&SBC. Während ein PC bei einer durchschnittlichen Büronutzung pro Jahr einen kumulierten Primärenergieaufwand (KEA) von ca. 700 kWh hat (ohne Monitor), liegen Notebooks, Mini-PCs und Thin Clients (inkl. Serveranteil) gerade einmal bei rund der Hälfte. Gemittelt über alle Geräteklassen liegt der durchschnittliche Jahressenergiebedarf (KEA) eines Arbeitsplatzcomputers derzeit bei 499 kWh (vgl. Tabelle 1) Wie die Tabelle zeigt, ergibt sich auch bzgl. des Materialeinsatzes ein ähnliches Bild.

Daten zur Rohstoffeffizienz von Computerlösungen liegen bis dato kaum vor, so dass eine abschließende Bewertung hier nicht vorgenommen werden kann. Gleichwohl weisen die deutlich geringen Endgerätegewichte (inkl. Serveranteil) des TC&SBC gegenüber Desktop-PC-Lösungen darauf hin, dass TC&SBC-Lösungen ebenfalls Vorteile bei der Materialeffizienz bieten³. Bis dato sind auch keinerlei Hinweise erkennbar, dass diese Miniaturisierung bei den Endgeräten mit ökologischen Nachteilen wie z.B. erhöh-

³ Eindeutige ökologische Vorteile zeigen sich bei der Vermeidung von Schadstoffen sowie dem Materialeinsatz (Gewicht) im Endprodukt. Wie umfangreiche Recherchen im Rahmen des Roadmapping-Projektes gezeigt haben, liegen Daten bezüglich des (kumulierten) Rohstoffaufwandes entlang des Produktlebensweges von Computerendgeräten und Servern bis dato nur sehr lückenhaft vor. Insbesondere fehlen detaillierte und wissenschaftlich fundierte Zahlen bei Elektronikbauteilen sowie Daten über den Rohstoffverbrauch im Herstellungsprozess. Auch fehlen Daten für jüngere Gerätegenerationen wie z.B. Mini-PCs komplett. Eine Ressourcenbewertung der untersuchten Computertypen anhand des Indikators „Kumulierter Rohstoffaufwand“ (KRA) wäre wünschenswert gewesen, weil dieser Indikator mit Blick auf die ökologische Richtungssicherheit zweifelsfrei aussagekräftiger ist als die Materialgewichte und Materialzusammensetzung der Endprodukte. Aufgrund mangelnder Daten konnte eine wissenschaftlich seriöse Berechnung von KRA-Werten aber nicht vorgenommen werden. In Abstimmung mit der Fachbegleitung im Umweltbundesamt wurde daher auf eine Berechnung von KRA-Werten oder vergleichbarer Indikatoren verzichtet und die Betrachtung der Materialeffizienz auf die Ermittlung der Materialgewichte der Endgeräte (Gesamtgewicht in kg) sowie auf deren Zusammensetzung (Gewichtsanteil von Elektronikbauteilen, Metallen, Kunststoffen und Netzteilen in kg) konzentriert. Bezüglich des (kumulierten) Rohstoffverbrauchs offenbarte das Roadmapping-Projekt erheblichen Forschungsbedarf für die Zukunft.

ten Schadstoffkonzentrationen, erhöhtem Verbrauch besonders knapper Metalle oder schlechterer Recyclingfähigkeiten verbunden ist.

Mit Blick auf die Produktnutzungsdauer sprechen ebenfalls alle bis dato verfügbaren Untersuchungen dafür, dass die tatsächliche Nutzung von Thin Clients zumindest nicht kürzer, sehr wahrscheinlich aber deutlich länger ist als bei Desktop-PCs. Dies hängt mit der geringeren software-bedingten Veralterung der Geräte zusammen. Außerdem zeigen die bislang bekannten Praxisbeispiele der Einführung von TC&SBC, dass der bestehende Desktop-PC-Bestand in aller Regel nicht schlagartig zu 100% durch Thin Clients ersetzt wird, sondern dass die „Migration“ hier sukzessive erfolgt und noch nutzbare PCs vielfach zu Pseudo-TCs umfunktioniert werden (Clausen und Fichter 2009). Befürchtungen, dass die Energieeffizienz-Vorteile des TC&SBC durch Materialeffizienznachteile aufgrund vorzeitig ausgemusterter PCs konterkariert werden, scheinen sich also nicht zu bestätigen.

Aufgrund der wachsenden Bedeutung des Dienstleistungssektors, der zunehmenden Computerisierung von Branchen mit bisher geringer Computerausstattung (Handel, Handwerk etc.) und der politischen Zielsetzung, Schulen und Hochschulen zukünftig besser mit Computern auszustatten, gehen aktuelle Prognosen davon aus, dass der Bestand an Arbeitsplatzcomputern bis 2020 auf rund 37,5 Mio. Geräte anwachsen wird (Fichter, Clausen, Hintemann 2010, 20). Trotz der kontinuierlichen Steigerung bei der Energieeffizienz der Geräte würde ein weiterhin hoher Einsatz von PCs dazu führen, dass der Energieverbrauch durch Arbeitsplatzcomputer in Deutschland in den nächsten Jahren weiter anwächst. Ein verstärkter Einsatz energiesparender Geräteklassen wie Notebooks, Thin Clients und Mini-PCs, die für den ganz überwiegenden Teil aller Office-Anwendungen leistungsmäßig völlig ausreichend sind, könnte dahingegen zu einer erheblichen Energie- und Materialeinsparung beitragen. Ziel sollte daher ein nachhaltiger Strukturwandel bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland bis 2020 sowie die Entwicklung eines Leitmarktes für „Green Office Computing“ sein.

Tab. 1: Verschiedene Typen von Arbeitsplatzcomputern im Vergleich

	Arbeitsplatzcomputer in Deutschland 2010				
	PC	Mini-PC	Notebook	Thin Client	Gesamt
Bestand an Computerendgeräten					
Anzahl Geräte in Stück	13.000.000	300.000	11.000.000	2.200.000	26.500.000
Ausstattungsstruktur in Prozent	49,1	1,1	41,5	8,3	100,0
Energieverbrauch					
Jahresstromverbrauch pro Computerendgerät p.a. in kWh (ohne Monitor etc.) in der Nutzungsphase	201	74	65	43	

Jahresenergieaufwand Nutzung Endgeräte (KEA) in kWh	549	202	177	117	
Herstellungsenergie (KEA) für Endgerät in kWh	584	285 ⁴	340	141	
Nutzungsdauer in Jahren	5	5	4	8	
Herstellungsenergie pro Nutzungsjahr in kWh (KEA)	117	57	85	18	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Gerät p.a. in kWh (KEA)	666	259	262	135	
Kumulierter Energieaufwand gesamt durch Nutzung von zentralen IT-Ressourcen pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh (KEA)	32	32	32	249	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh (KEA)	698	291	294	384	499
Materialeinsatz					
Produktgewicht Gerät in kg	8	2	2,2	1,5	
Gewicht Dockingstation in kg			0,2		
Produktgewicht gesamt in kg	8	2	2,4	1,5	
Anteiliges Gewicht Terminalserver (25 kg) pro Arbeitsplatz in kg ⁵	0,07	0,07	0,07	0,55	
Gewicht Endgerät und Terminalserveranteil pro Arbeitsplatz in kg ⁶	8,07	2,07	2,47	2,05	5,18
Klimawirkung					
CO2-Emissionsfaktor dt. Strommix g/kWh	580	580	580	580	580
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. pro Computerarbeitsplatz in kg	122,9	49,4	44,1	75,4	85,4

Quelle: Berechnung und Zusammenstellung der Daten durch Borderstep Institut 2010 (Basis: Quellen im Anhang, Marktanalysen, Expertenbefragungen, insb. Delphibefragungen)

⁴ Bei der Berechnung des kumulierten Energieaufwandes (KEA) für Mini-PC wurden die Daten eines Notebooks ohne Monitor verwendet, da hier in der Regel Notebookteile verwendet werden.

⁵ Da ein Terminalserver mehrere Arbeitsplätze „bedient“, wird das Gewicht nur anteilig zugeordnet.

⁶ Damit ist gemeint, welches Gewicht die Computergeräte haben, die für einen einzelnen Arbeitsplatz benötigt werden. Dazu zählt nicht nur das Gewicht des Endgerätes, sondern anteilig auch das Gewicht des Terminalservers, der durch diesen Arbeitsplatz in Anspruch genommen wird.

3.1 Wirtschaftlicher Vergleich

Innerhalb der Computerkosten pro Arbeitsplatz sind die Kosten der Administration mit knapp 45% am höchsten (Knermann und Köchling 2007). Da gerade die Administration im Server Based Computing effizienter durchgeführt werden kann, errechnen Knermann und Köchling (2007, auch Knermann 2010) Kostenvorteile von TC&SBC von ca. 25% gegenüber gut verwalteten PC-Arbeitsplätzen.

Ein zweiter Kostenfaktor sind Hardwarekosten und Nutzungsdauer. Die Hardwarekosten sind für Notebooks höher als für einfache PCs oder gar Thin Clients, die Nutzungsdauer von Notebooks ist dagegen mit ca. 4 Jahren niedriger. Der funktionelle Vorteil der mobilen Nutzung kostet also Geld.

Im Vergleich zu anderen Computerlösungen weist TC&SBC damit deutlich günstigere Kosten auf.

3.2 Stromverbrauch und Stromkosten im Vergleich

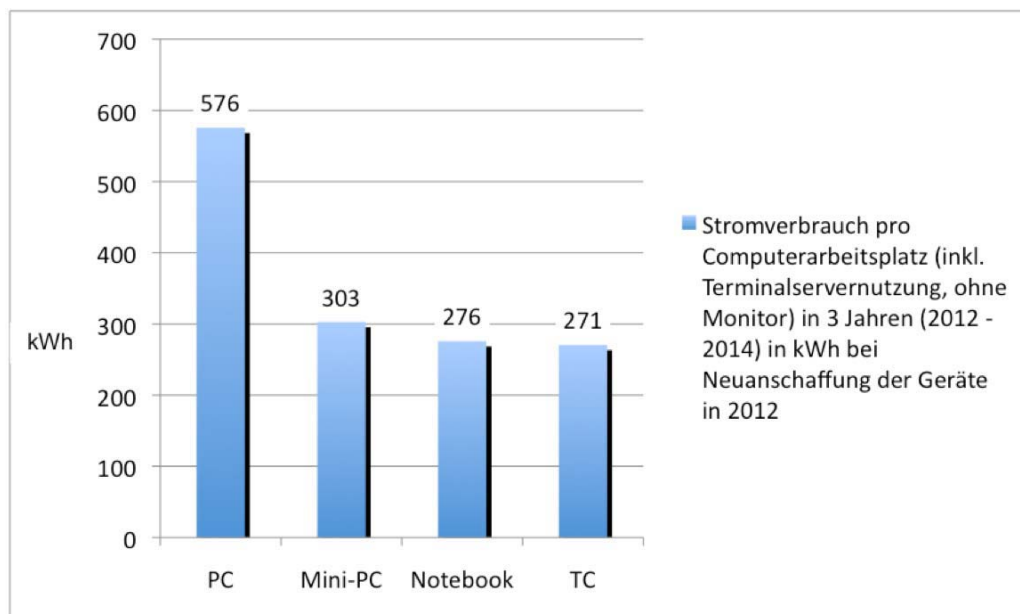
Auch wenn die Stromkosten nur einen kleineren Posten der gesamten Computerkosten pro Arbeitsplatz ausmachen, so ist ihr Anteil in den vergangenen Jahren doch stetig gestiegen. Aller Voraussicht nach werden die Stromkosten auch in Zukunft weiter wachsen, so dass IT-Entscheider diesem Aspekt der IT-Beschaffung verstärkt Beachtung schenken sollten. Folgende Vergleichsrechnung bezieht sich auf einen IT-Entscheider, der im Jahr 2011 über die Neubeschaffung von Arbeitsplatzcomputern für Anfang 2012 entscheiden muss. Dabei wird davon ausgegangen, dass sowohl PCs als auch Mini-PCs, Notebooks oder Thin Client & Server Based Computing eingesetzt und beschafft werden können. Innerhalb der verschiedenen Geräteklassen gibt es eine große Spannbreite hinsichtlich der Leistungsaufnahme der Computerendgeräte und der Energieeffizienz der zentralen IT (Terminalserver etc.), so dass für einen Vergleich hier die Durchschnittswerte von Neugeräten in den jeweiligen Geräteklassen herangezogen werden. Bei einer Beschaffungsentscheidung besteht selbstverständlich darüber hinaus die Möglichkeit, innerhalb der jeweiligen Geräteklassen die jeweils energieeffizientesten Computer auszuwählen.

Bei der folgenden Vergleichsrechnung wurde von einer durchschnittlichen Leistungsaufnahme im Leerlauf (Idle-Mode) von 63 Watt beim PC, von 28 Watt bei Mini-PC und Notebook sowie von 11 Watt beim Thin Client ausgegangen. Die Leistungsaufnahme im Netzwerk-Standby beträgt 8 Watt beim PC sowie 3 Watt bei Mini-PC und Notebook sowie 2 Watt beim Thin Client. Weiterhin wird eine durchschnittliche Büronutzung des Computers angenommen (1920 Betriebsstunden pro Jahr; 3276 Stunden im Netzwerk-Standby bei PC, Mini-PC und TC und von 728 Stunden beim Notebook; restliche Stunden im „Schein-aus“ (2 Watt bei PC, 0,7 Watt bei Mini-PC und TC) bzw. komplett Aus

(Notebook) ⁷). Bei Terminalservern und der Rechenzentrumsausstattung wurde ebenfalls von durchschnittlichen Werten ausgegangen (Jahresstromverbrauch Terminalserver 1894 kWh, PUE 1,9).

Auf Basis der geschilderten Ausgangssituation und Annahmen zeigt sich, dass für einen Betrachtungszeitraum von 3 Jahren (2012 bis 2014) der Stromverbrauch eines durchschnittlichen Computerarbeitsplatzes bei 576 kWh liegt, wenn dabei ein PC zum Einsatz kommt. Setzt man für den gleichen Arbeitsplatz dahingegen einen funktional vergleichbaren Mini-PC ein, so verringert sich der Stromverbrauch auf fast die Hälfte (303 kWh). Die Verwendung eines durchschnittlichen Notebooks (276 kWh) bzw. der Einsatz von Thin Client & Server Based Computing (271 kWh) sind sogar noch stromsparender. Im Vergleich zu einem durchschnittlichen PC lassen sich also durch Thin Client & Server Based Computing pro Jahr über 100 kWh pro Computerarbeitsplatz einsparen. Bei einem Gewerbestrompreis von 20 Cent in 2012 bzw. von 21 und 22 Cent in 2013 und 2014 können so pro Arbeitsplatz rund 21 Euro im Jahr eingespart werden. Neben dem betriebswirtschaftlichen Vorteil wird mit der Stromeinsparung gleichzeitig auch ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

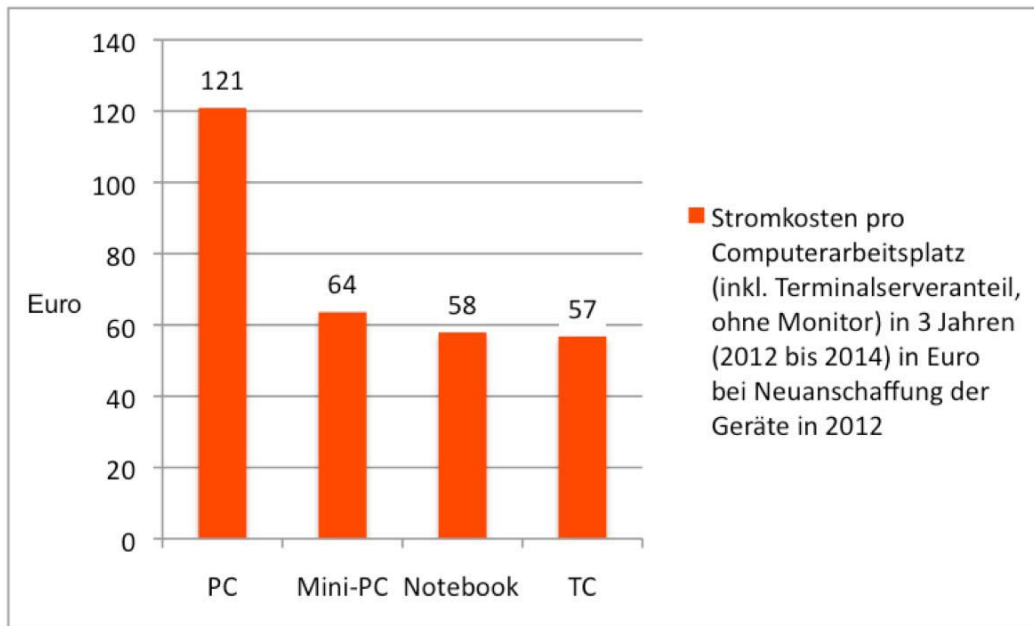
Abb. 1: Stromverbrauch verschiedener Typen von Arbeitsplatzcomputern innerhalb von 3 Jahren



Quelle: Eigene Berechnungen

⁷ Die Nutzungszeiten wurden unter Berücksichtigung der jeweils unterschiedlichen Zahlen von Fraunhofer IZM und ISI (2009); TCO Development (2007) sowie von Schlomann (2005) abgeschätzt und mit dem Steuerungskreis abgestimmt.

Abb. 2: Stromkosten verschiedener Typen von Arbeitsplatzcomputern innerhalb von 3 Jahren



Quelle: Eigene Berechnungen

3.3 Fallbeispiel: TC&SBC in einem mittelständischen Industrieunternehmen

In einem international aktiven, mittelständischen Unternehmen mit 800 Beschäftigten lässt sich die IT von nur 5 Personen verwalten. Dies hat seinen Grund in einer konsequenten Zentralisierungsstrategie, die seit 2004 vorangetrieben wird. Das IT-Team transferierte damals die meisten Anwendungen von den lokalen PCs auf eine zentrale Serverfarm in der Zentrale. Anschließend konnten 200 der damals 350 PCs durch Thin Clients ersetzt werden, was auch die Verfügbarkeit an den Arbeitsplätzen verbessert. Fiel früher ein PC aus, musste er durch Supportfahrten und Vor-Ort-Service wieder in Gang gebracht werden. Heute hat jede Niederlassung einen Thin Client in Reserve, den die Anwender bei Bedarf selbst anschließen und sofort weiterarbeiten können.

Die Desktop-Umgebung zählt inzwischen rund 500 Thin Clients. Daneben gibt es noch 40 Notebooks und 60 stationäre PCs, deren Einsatz sich jedoch auf spezifische Einsatzszenarien beschränkt, wie zum Beispiel CAD, Desktop Publishing oder vereinzelte Maschinensteuerungen. Auch an den etwa 50 Heimarbeitsplätzen des Mittelständlers sind Thin Clients zu finden.

Die lüfterlosen Thin Clients werden nicht nur im Büroumfeld eingesetzt, sondern auch in der Fertigung. Dank ihres Metallgehäuses bestehen die Geräte selbst in harschen Produktionsumgebungen, wie z.B. an Schweißstationen. In beengten Arbeitsumgebungen nutzt das Fertigungsunternehmen einen in einen TFT-Monitor integrierten Thin

Client. Die hohe Grafikleistung moderner Thin Clients nutzt das Unternehmen insbesondere bei der Stücklistenenerstellung, wo CAD-Zeichnungen simultan auf einem zweiten Monitor angezeigt werden.

Die Administrationskosten für die IT-Infrastruktur haben sich mit der neuen Desktop-Umgebung halbiert, denn zeitaufwendige Tätigkeiten wie Supportfahrten und Vor-Ort-Betreuung, aber auch Antivirenmaßnahmen und Softwareaktualisierungen inklusive Patches und Updates sind weggefallen. Auch die Energiekosten der Desktop-Umgebung sind gesunken. Inklusiv des entsprechenden Server- und Kühlungsanteils im Rechenzentrum sank der Energieverbrauch um 52 Prozent und das Unternehmen spart jährlich ca. 6.700 Euro ein. Außerdem entfallen die Energiekosten, welche die lokalen Server in den Niederlassungen verursacht hatten, sowie der Kraftstoffverbrauch für Servicefahrten.

3.4 Fallbeispiel: Thin Clients im Bildungsnetz Bremerhaven

Die Stadtbildstelle Bremerhaven ist verantwortlich für die Wartung und Pflege der IT-Infrastruktur der Bremerhavener Schulen. Diese umfasst insgesamt 60 Terminalserver, die zentrale Softwarebereitstellung und den Support für die insgesamt 1.500 Computerplätze im Netzwerk. Diese teilen sich auf in 700 Thin Clients und 800 Desktop-PCs, die als Clients im Netz betrieben werden. Ziel der Umstellung auf Thin Clients war es, den Administrationsaufwand zu minimieren.

Die laufwerklosen Thin Clients bieten keine Angriffsfläche für Viren und unerwünschte Installationen sind nicht möglich. Indirekte Einsparungen ergeben sich auch aus der Tatsache, dass die Thin Clients ohne ihre Server-Verbindung nicht funktionieren. Da dies allen Schülern bekannt ist, müssen die normalen Klassenräume nicht speziell gegen Diebstahl gesichert werden. Das Arbeiten mit den lüfterlosen Geräten kommt auch der Arbeitsatmosphäre zugute, da der Geräuschpegel im Vergleich niedriger und die Luft im Computerraum besser ist. Die weiteren Vorteile, wie geringerer Energieverbrauch und höhere Sicherheit werden den Thin Client-Anteil in Schulen zukünftig deutlich anheben. Im Bremerhavener Bildungsnetzwerk könnte es bereits in wenigen Jahren mehr Thin Clients als PCs geben. Zeitgemäße Modelle sind schon multimedialfähig und bieten ein immer breiteres Einsatzspektrum und hoch effiziente Managementlösungen, die weitere Kosten sparen.



Foto: Borderstep

Die Bremerhavener Schulverwaltung setzt aber nicht nur im pädagogischen Bereich Thin Clients ein, sondern auch in der Schulverwaltung. In 39 Schulen stehen jeweils 3 bis 4 Thin Clients im Geschäftszimmer sowie in den Rektoraten. Pflege und Support der Anlage wird zentral durch einen Dienstleister erledigt. Vorteilhaft in der Verwaltung ist auch, dass selbst bei Gerätediebstahl keine Daten verloren gehen, da in den Thin Clients keine lokale Speichermöglichkeit vorhanden ist. Aufgrund der Fernwartungsmöglichkeit ist ein Vorortservice nicht mehr notwendig. Der Supportaufwand ist etwa 20% niedriger als vorher und die Energiekosten in den Schulen sinken, da die TCs nur etwa 25% des Stromverbrauchs von PCs haben. Die Schulverwaltung schätzt, dass sich die auch in der Anschaffung preiswerten Geräte trotz des zusätzlich betriebenen Rechenzentrums mit erheblichem Energieverbrauch in etwa 3 Jahren amortisieren werden.

3.5 Fallbeispiel: TC&SBC in einer Steuerberatungskanzlei

Im Jahr 2001 stellte eine Steuerberatungskanzlei auf Server Based Computing um, ohne in diesem Kontext sofort die PCs gegen TCs auszutauschen. Der Grund für die Umstellung lag zum einen in der ständigen Notwendigkeit, zeitaufwändige Softwareupdates an allen Rechnern durchführen zu lassen sowie zum anderen in der daraus folgenden Notwendigkeit, kontinuierlich leistungsfähigere PCs anzuschaffen. Beides entfiel dadurch, dass die Anwendungen auf Server transferiert wurden.

Bereits seit den 90er Jahren war ein Netzwerk mit zentraler Datenbank und Datenbackup sowie Mailserver vorhanden. Auch die neuen Terminalserver stehen in einem Nebenraum im Erdgeschoss der Kanzlei. Der Serverraum erfüllt heute folgende Funktionen:

Server Based Computing: Als redundante Terminalserver werden 2 energieeffiziente Server mit je ca. 50 Watt Verbrauch eingesetzt.

E-Mail: Der Mailserver ist noch von konventioneller Bauart und verbraucht ca. 200 Watt Strom.

Datenhaltung und Datensicherung: Die Datenhaltung erfolgt in einem Datenserver mit acht hocheffizienten Festplatten. Dies Gerät organisiert auch Backups auf sechs mobilen Festplatten, die täglich ausgetauscht werden.

Die Stromversorgung ist über eine USV abgesichert. Ein Klimagerät schaltet sich automatisch ein, wenn die Temperatur zu hoch wird. Die Leistung, die im Serverraum heute der Einzelfunktion „Server Based Computing“ zuzuordnen ist, beläuft sich etwa auf 100 Watt Serverleistung zzgl. 10% USV zzgl. ca. 30% Klimatisierung⁸, zusammen ca. 140 Watt. Umgelegt auf 25 Arbeitsplätze erfordert der Rechenzentrumsanteil zum Server Based Computing pro Arbeitsplatz etwa 50 kWh pro Jahr. Thin Clients mit einem Gewicht von ca. 1 kg und einem Stromverbrauch von ca. 22 kWh/a lösen dabei

⁸ Die 10% USV entsprechen dem üblichen Wirkungsgrad einer kleinen USV von ca. 90%. Die 30% für die Klimatisierung wurden aus der Erfahrung der Kanzlei geschätzt und berücksichtigen, dass das Klimagerät nur ca. 50% der Zeit läuft.

nach und nach die PCs ab, die pro Arbeitsplatz jeweils ca. 140 kWh zzgl. Netzwerkan-
teil verbraucht haben.

Fallbeispiel: Thin Clients bei der Bundesanstalt für Materialforschung in Berlin

Die Bundesanstalt für Materialfor-
schung und -prüfung (BAM) verfügt
über drei Standorte in Berlin und
beschäftigt rund 1.800 Mitarbeiter.
In der Fachgruppe VIII.2 „Zerstö-
rungsfreie Schadensdiagnose und
Umweltmessverfahren“ der BAM
kommen bereits seit Mitte der
1990er Jahre Thin Clients zur An-
wendung. Die Fachgruppe hat im
Jahr 1996 angefangen, Thin
Clients (TC) mit einem Linux-
Server einzusetzen. Die Initiative
hierfür ging vom Fachgruppenleiter
aus, der von Thin Client-Lösungen



Foto: Borderstep

auf einer Veranstaltung gehört hatte und als „Linux-Fan“ von dieser Möglichkeit sehr
angetan war. Hauptgründe für die Einführung von Thin Clients waren zum einen die
Lautlosigkeit der Geräte und zum zweiten die Überzeugung, „dass nicht jeder Admini-
strator sein sollte, weil das zuviel Arbeitszeit in Anspruch nimmt“.

Im Jahr 2000 wurden der erste Windows-Server sowie weitere Thin Clients ange-
schafft. Zurzeit sind in der Fachgruppe rund 40 Thin Clients sowie 15 PCs und 20 No-
tebooks im Einsatz. 23 der insgesamt 40 TCs sind neun Jahre alt. Die Anwendungen
für die Thin Clients und die anderen Endgeräte werden auf insgesamt drei Terminal-
servern bereitgestellt. Nachdem anfängliche Probleme mit vereinzelt Grafikkarten
durch einen Austausch behoben wurden, laufen die Server und TCs nach Auskunft des
Thin Client-Beauftragten der Fachgruppe, der auch die Windows-Server betreut, bisher
ohne einen einzigen Ausfall. Die größten Vorteile beim Einsatz von TCs sieht er in der
Lautlosigkeit aufgrund der fehlenden Lüfter, in der großen Flexibilität bei der Nutzung
der einmal auf dem Server installierten Software (die Nutzerinfrastruktur muss nicht
geändert werden), der Variabilität in der Zuteilung von Arbeitsplätzen (z.B. für Studen-
ten), in der Ausfallsicherheit sowie in der Schnelligkeit, mit der Endgeräte ausgetauscht
werden können.

Seine IT-Betreuungszeit hat sich durch den Einsatz der TCs von ca. sechs Stunden
auf ca. drei Stunden pro Woche reduziert. Den größten Nachteil sieht er im Ausfallrisi-
ko der Terminalserver, zumindest dann, wenn hier keine Redundanz gewährleistet ist.
Nach Einschätzung des TC-Beauftragten führen die lange Lebensdauer der TCs, die
geringe Reparaturanfälligkeit und der geringe Administrationsaufwand zu geringeren
Kosten (Total cost of ownership) als bei Desktop-PCs.

3.6 Fallbeispiel: Thin Clients in der Sparkassenorganisation

Nicht einmal vier Jahre nach dem Rollout-Start hat das Systemhaus der Sparkassenorganisation bei seinen Kunden, den Sparkassen, und Landesbanken mittlerweile 142.000 Thin-Clients installiert. Das ist rund um den Globus das größte Installationsvolumen von Thin Clients. Bis 2011 sollen weitere 60.000 folgen. Das Angebot erleichtert Sparkassen den Umstieg von teuren und wartungsintensiven PCs auf kostengünstige Thin Clients, da alle Anwendungen über Terminal-Server bereitgestellt werden. Die Thin Clients selbst kommen daher mit minimaler CPU-Leistung aus und brauchen statt einer Harddisk nur einen Flash-Speicher. Das Sicherheitsniveau steigt, während Kosten und Aufwand dafür sinken. Weiterer Pluspunkt: Thin Clients erzeugen kaum Abwärme. Sie benötigen keinen Lüfter, sind leise im Betrieb und verbrauchen deutlich weniger Strom. Bei 450 Arbeitsplätzen summiert sich allein die Energiekostensparnis auf durchschnittlich 15.000 Euro pro Jahr. Damit ist die Technologie bestens geeignet, den Kosten- und Arbeitsaufwand für eine komplexe IT-Infrastruktur zu reduzieren: Einerseits muss das vorhandene Equipment an den Arbeitsplätzen viel seltener ausgetauscht werden, da den Endgeräten kaum Leistungsfähigkeit abverlangt wird - Updates von Anwendungssoftware, die im Allgemeinen eine höhere Performance erfordern, werden nur auf dem Server installiert. Andererseits ist der Zeitaufwand für den IT-Verantwortlichen wesentlich geringer, da er die gesamte Wartung und Administration zentral ausführt. Mit der Einrichtung einer neuen Applikation auf dem Server steht sie allen Nutzern gleichzeitig zur Verfügung – auch User an entfernten Standorten können eingebunden werden.

4 Hemmnisse und Vorurteile

Übergang vom Desktop-PC zum serverbasierten Computing ist ein grundlegender Systemwechsel in der IT mit wesentlichen Auswirkungen auf Arbeitsplätze und Arbeitsablauf. Er erfordert zudem andere Kompetenzen in der betrieblichen IT und verlangt von den Entscheidern über IT Projekte den Mut, grundlegende Änderungen am System einzuleiten. Auch ist in diesem Kontext wichtig, dass das Risiko des Nichtfunktionierens der IT heute für die meisten Unternehmen zu den bestandsbedrohenden Risiken gerechnet wird (EIU 2007) und man dementsprechend vorsichtig handelt. Nicht zuletzt aus der Bedeutung des Systemwechsels folgt also, dass er mit vielfältigen Hemmnissen verbunden ist. Zudem sind eine Reihe von Vorurteilen über Server Based Computing verbreitet, die meist aus Erfahrungen mit den ersten Gerätegenerationen entstanden sind, aber auch heute noch die Meinungsbildung beeinflussen.

4.1 Entscheidungsfindung und Organisation

Vielfach sind die Entscheider in Unternehmen, Verwaltung und sonstigen Organisationen nicht korrekt informiert. Dabei spielen nicht nur suboptimale Informationen durch die Hersteller und Anbieter von Thin Client & Server Based Computing (TC&SBC)

eine Rolle, auch das bisherige Marketing für klassische PC-Lösungen fördert manchmal Vorurteile gegen TC&SBC. Besonders ausschlaggebend ist dabei oft die fehlende Klarheit der Entscheider bezüglich der Kostensenkungseffekte.

Die in vielen Branchen vergleichsweise geringe Verbreitung des TC&SBC führt zu weiteren Unsicherheiten bei den verantwortlichen Entscheidern. Auch besteht in vielen größeren Organisationen wie z.B. Behörden eine Trennung von Zuständigkeiten im IT-Management zwischen zentraler IT (Rechenzentren, Bereitstellung zentraler Dienste etc.) und dezentralen IT-Aufgaben wie z.B. die Zuständigkeit für Endgeräte oder abteilungsspezifische Anwendungen. Dies erschwert die Umsetzung integrierter TC&SBC-Lösungen, da hier z.T. Ängste bestehen, Zuständigkeiten und Entscheidungsbefugnisse zu verlieren.

TC&SBC ist auch mit Änderungen an vielen Arbeitsplätzen verbunden. Weder Vorteile noch wirkliche Nachteile sind aber den Mitarbeitern ex ante bekannt, so dass bei ihnen möglicherweise Unsicherheit entsteht. Dies kann ein Grund für Widerstände seitens der Beschäftigten gegen die TC&SBC-Einführung sein.

4.2 Hardware

Das wohl am meisten verbreitete Vorurteil gegenüber TC&SBC besteht in der schlechten Beurteilung der Grafik- und Medialeistung. Die Ursache hierfür besteht darin, dass in der Tat die ersten Generationen der TCs teilweise nicht über eine Soundkarte verfügten und z.B. im Anwendungsfeld Schulen nicht im Sprachunterricht eingesetzt werden konnte, obwohl es gerade hierfür verbreitete und gute Softwareangebote gab. Bei aktuellen TC&SBC-Lösungen gelingt für die meisten Arbeitsplätze eine hinsichtlich Grafik und Media gleichwertige Performance.

Trotz der erwarteten langen Nutzungsdauer von 8 bis 10 Jahren gewähren nur einige Hersteller eine 3-Jahresgarantie sowie die Möglichkeit einer Verlängerung auf 5 Jahre. Die Ersatzteilverhaltung über 5 Jahre ist nicht bei allen Herstellern sichergestellt. Die hohe potenzielle Nutzungsdauer der Geräte kann so bei Kunden mit langen Nutzungszeiterwartungen (KMU) nicht immer als Argument genutzt werden. Auch sehr hohe Nutzungsdauern sollten von möglichst vielen Herstellern durch lange Garantien und ein gutes Konzept von Aufrüstmöglichkeiten und Ersatzteilversorgung unterstützt werden.

4.3 Anwendungssoftware

Besonders bei Spezialsoftware mit geringern Verkaufszahlen mangelt es oft noch an der Terminalserverfähigkeit. In vielen Unternehmen und auch z.B. im Bereich wissenschaftlicher Anwendungen war daher eine durchgängige Umstellung auf Server Based Computing bisher nicht machbar. Durch Desktopvirtualisierung können solche Hemmnisse bereits seit 2009 überwunden werden.

4.4 Betriebssysteme und Standardisierung

Vielfach gibt es proprietäre Hardware und sehr unterschiedliche Hardwaretypen. Das Betriebssystem (meist Windows embedded oder Linux), aber auch herstellergebundene Managementsoftware oder Firmware unterstützt nicht immer die Hardware mehrerer Hersteller, so dass der Kunde entweder an den Hersteller gebunden ist oder mehrere Betriebssysteme parallel betreiben muss.

Betriebssysteme und Managementsoftware verschiedener TC-Hersteller weisen Unterschiede auf. Bestimmte Einzelfunktionen, die den Betrieb und die Verwaltung von großen Gerätebeständen erleichtern, sind teilweise nicht (oder erst seit kurzer Zeit) vorhanden. Aus Kundensicht wird dieser Umstand teilweise als Problem empfunden, besonders, wenn Gerätebestände im Rahmen von Mergers&Akquisitions übernommen werden müssen. Denjenigen Kunden, die für spezielle Anwendungen einfache (und oft besonders ressourceneffiziente) Systeme wünschen, wäre aber mit einer Standardisierung der Systeme auf hohem Niveau ebenso nicht gedient.

4.5 Know-How im IT-Sektor

Die komplexe Technologie des TC&SBC (über-)fordert nicht nur viele IT-Administratoren. Trotz deutlich zunehmender Kompetenz in diesem Bereich sind immer noch viele Systemhäuser nicht mit der Technologie vertraut und haben wenig Kenntnisse und Erfahrungen. Außerdem fehlt es ihnen oft an qualifiziertem Fachpersonal. Hierdurch werden Unsicherheiten der Entscheider in Anwenderunternehmen deutlich verstärkt, da vielfach langjährige, stabile und gute Beziehungen zwischen Unternehmen und den sie betreuenden Systemhäusern anzutreffen sind. Gerade den wichtigen und risikoreichen Systemwechsel möchten viele mit einem Partner durchführen, der ihr Unternehmen gut kennt. Letztlich stellt damit die mangelnde Kompetenz vieler Systemhäuser ein wichtiges Hemmnis dar.

5 Trends und relevante Einflussfaktoren

Wie wird sich der Energie- und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen in Deutschland bis zum Jahr 2020 entwickeln? Um diese Frage zu beantworten, ist zunächst zu klären, welche Faktoren den Energie- und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen beeinflussen. Dabei ist zwischen direkten Einflussfaktoren und indirekten Einflussfaktoren zu unterscheiden. Auf Basis von Experteninterviews und der Analysearbeiten im Roadmapping-Projekt können folgende direkte Einflussfaktoren als relevant angenommen werden:

5.1 Direkte Einflussfaktoren

Computerausstattung für stationäre Arbeitsplätze

- Anzahl von stationären Computerarbeitsplätzen in Deutschland. Diese errechnen sich aus der Anzahl von Computernutzern und dem Ausstattungsgrad mit Computern.
- Ausstattungsstruktur von Computerarbeitsplätzen (Anteil der jeweiligen Computertypen)

Aus diesen beiden Faktoren ergibt sich die:

- Anzahl der jeweiligen Computertypen (in Stück) für stationäre Arbeitsplätze in Deutschland.

Formen der Bereitstellung von Software

Für Anfang 2010 kann näherungsweise davon ausgegangen werden, dass Thin Clients noch zu 100% unter Server Based Computing (SBC) laufen und PCs, Mini-PCs und Notebooks noch zu über 90% mit lokaler, d.h. auf dem Endgerät laufender Software und zu ca. 10% in der „Cloud“, d.h. im Internet arbeiten. Die bisherige Form der Softwarebereitstellung wird sich in Zukunft aber verändern. Mit Konzepten wie dem Hosted Virtual Desktop (HVD) und der zunehmenden Nutzung von Software-as-a-Service (SaaS) kommen zu bisherigen Form des Server Based Computing noch zusätzliche Optionen für eine zentrale Softwarebereitstellung hinzu, die in zunehmenden Maße auch auf PCs, Mini-PCs und Notebooks genutzt werden. Dies hat Folgen für die Berechnung des Energieverbrauchs und Materialeinsatzes offline-fähiger Geräte wie PCs, Mini-PCs und Notebooks, da diese in zunehmendem Maße auch zentrale Rechen- und Speicherressourcen in Anspruch nehmen. Ein zentraler Einflussfaktor für die Umweltinanspruchnahme von arbeitsplatzbezogenen Endgeräten ist daher:

- Das Nutzungsverhältnis von lokaler Software zu zentral bereit gestellter Software (SBC, HVD, SaaS).

Energie- und Materialeinsatz von Computern und Rechenzentren

- Herstellung: Durchschnittlicher kumulierter Energieaufwand (KEA) zur Herstellung des jeweiligen Endgerätes in kWh
- Durchschnittliche Nutzungsdauer pro Endgerät in Jahren
- Nutzungsphase: Energieverbrauch pro Endgerät p.a. in kWh (für definierte Nutzungsszenarien: Betriebsstunden pro Jahr, Leistungsaufnahme in verschiedenen Modi (Betrieb, Standby, Aus) usw.)

Für die zentralisierte Softwarebereitstellung ist anteilig der Energieverbrauch des Rechenzentrums zu berücksichtigen. Direkte Einflussfaktoren sind hier:

- Durchschnittlicher Anzahl von Clients pro Terminalserver
- Virtualisierungsgrad von Terminalservern (Anzahl von virtuellen Servern pro physischem Server)
- Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Terminalserver p.a. in kWh (für definierte Nutzungsszenarien: Betriebsstunden pro Jahr, Leistungsaufnahme in verschiedenen Modi (Volllast, IDLE, ausgeschaltet). Dabei wird berücksichtigt, dass künftig zunehmend ungenutzte Terminalserver für andere Anwendungen genutzt werden können oder automatisiert heruntergefahren werden.)
- Durchschnittlicher Energieverbrauch zur Herstellung eines Terminalservers
- Durchschnittliche Nutzungsdauer pro Terminalserver in Jahren
- Durchschnittlicher Energiebedarf der Rechenzentrumsinfrastruktur, ausgedrückt durch DCiE bzw. PUE

Bezüglich des Materialeinsatzes sind direkte Einflussfaktoren:

- Produktgewicht pro Endgerät und Terminalserver in kg oder g
- Anteiliges Gewicht der wichtigsten Materialklassen (Elektronikkomponenten, Kunststoffteile, Metallteile, Netzteil) in %.

5.2 Indirekte Einflussfaktoren

Die oben genannten direkten Einflussfaktoren beeinflussen unmittelbar den Energieverbrauch und den Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen. Ihre Ausprägung hängt aber wiederum von anderen Faktoren ab, die damit auf indirekte Weise Einfluss auf die Umweltinanspruchnahme von Computerlösungen nehmen. Als indirekte Einflussfaktoren sollen hier also solche verstanden und einbezogen werden, die maßgeblich auf die oben vorgestellten direkten Einflussfaktoren einwirken. Bei der Identifizierung dieser sogenannten indirekten Einflussfaktoren wurde systematisch vorgegangen. Dabei wurden die folgenden relevanten Einflussdimensionen unterschieden:

- Gesellschaftliche Einflussfaktoren
- Politische Einflussfaktoren
- Marktliche Einflussfaktoren
- Technologische Einflussfaktoren.

Im Rahmen von Recherchen, Abfragen im Steuerungskreis des Roadmapping-Prozesses und im Rahmen von Delphi-Befragungen (vgl. Kapitel 6) wurden zentrale Einflussfaktoren identifiziert. Im Folgenden findet sich die Liste dabei identifizierter indi-

rekter Einflussfaktoren (Trends und Ereignisse) und eine Einschätzung, wie sich diese auf die direkten Einflussfaktoren auswirken. In die folgende Tab. 2 wurden nur indirekte Einflussfaktoren aufgenommen, die positiv oder negativ auf die direkten Einflussfaktoren wirken. Indirekte Einflussfaktoren, bei denen von einer neutralen Wirkung ausgegangen werden kann, wurden in die Tabelle nicht aufgenommen, da sie keine Veränderungen bewirken. Besonders relevante Einflussfaktoren (Schlüselfaktoren) wurden im Steuerungskreis des Roadmapping-Projektes diskutiert und ausgewählt.

Tab. 2: Übersicht der Wirkung indirekter Schlüsselfaktoren auf zentrale Kenngrößen (direkte Einflussfaktoren) des Energie- und Materialbedarfs arbeitsplatzbezogener Computerarbeitsplätze

	Wirkung der Trends und Ereignisse auf...			
	↑ = erhöht ↓ = verringert Anzahl von Computer- arbeitsplät- zen bzw. Geräten	↑ = erhöht ↓ = verringert Nachfrage nach bestimm- ten Computer- typ	↑ = erhöht ↓ = verringert Energie- verbrauch pro Compu- terar- beitsplatz	↑ = erhöht ↓ = verringert Materialein- satz pro Com- puterarbeits- platz
Indirekte Einflussfaktoren (Trends und Ereignisse)				
Gesellschaftliche Einflussfaktoren				
Anzahl Schüler sinkt von ca. 11 Mio. in 2010 auf ca. 10 Mio. in 2020 ⁹	↓			
Abnahme der Erwerbsbevölkerung um ca. 1 Mio.	↓			
Abnahme der Beschäftigten im öffentl. Dienst	↓			
Fließendere Übergänge Privat-/Arbeitsleben	↑	↑ Mobile Gerä- te/ortsunabhän- gige Lösungen ↓ PC/Mini-PC		
Bewusstsein für Klimawandel und Ressourcenverknappung nimmt zu („Jeder muss etwas tun!“)			↓	↓
Politische Einflussfaktoren				
Steigende Investitionen im Bildungsbe- reich: Anzahl Schulcomputer: 1,5 Mio. (2010), 2,0 (2013), 2,5 (2020)	↑			
Verschärfung der Anforderungen an			↓	

⁹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2006): Bevölkerung Deutschlands bis 2050, 11. Koord. Bevölkerungsvor-
ausberechnung, S. 19 f.

Stand-by				
Verschärfung der Anforderungen an Öko-Design			↓	↓
Bildschirmarbeitsplätze (noch geräuschärmer)		↓ PCs		
Zunahme öffentlicher F&E-Mittel für „Green IT“		↑ Notebooks, Mini-PCs, TCs ↓ PCs	↓	↓
Zunahme Fördermittel Verbreitung von „Green IT“		↑ Notebooks, Mini-PCs, TCs ↓ PCs	↓	↓
Wirkung der Trends und Ereignisse auf...				
Indirekte Einflussfaktoren (Trends und Ereignisse)	↑ = erhöht ↓ = verringert Anzahl von Computerarbeitsplätzen bzw. Geräten	↑ = erhöht ↓ = verringert Nachfrage nach bestimmten Computertyp	↑ = erhöht ↓ = verringert Energieverbrauch pro Computerarbeitsplatz	↑ = erhöht ↓ = verringert Materialeinsatz pro Computerarbeitsplatz
Marktliche Einflussfaktoren				
Tertiarisierung: Rückgang Beschäftigte in Sektoren mit geringer Computerquote (z.B. Bau) zu Gunsten von Dienstleistungssektor	↑			
Computerisierung von Sektoren wie Handel und Handwerk (bis dato mit wenig Computer ausgestattet)	↑			
Trend zum mobilen Arbeiten		↑ Mobile Geräte/ortsunabhängige Lösungen ↓ PC/Mini-PC		
Zunehmende Substitution von PCs durch Notebooks, da mobil, leistungsfähig, platz- und energiesparender		↑ Notebooks ↓ PCs	↓	↓
Mini-PCs oder Nettops ersetzen zunehmend PCs		↑ Mini-PC, Nettop ↓ PC	↓	↓
Hardwarepreise fallen weiter, aber langsamer als bisher	↑			
Ausbau des Netzes für mobile Computernutzung		↑ Mobile Geräte/ortsunabhängige Lösungen ↓ PC, Mini-PC		
Zunehmende Bandbreiten in der Netzinfrastruktur		↑ Notebook, TC		

		↓ PC, Mini-PC		
Trend zu kleineren Formfaktoren („kleiner, leichter, dünner“)			↓	↓
„Leistungshunger“ bei der Grafik steigt, z.B. durch größere, hochauflösende Bildschirme, Video- und 3D-Anwendungen		↑ PC	↑	↑
Bereitschaft für „externe“ Datenhaltung wächst		↑ TC ↓ PC, Mini-PC		
Sensibilität für Datenschutz u. Sicherheit nimmt zu		↑ TC		
Steigende Nachfrage für nutzungsgerechte Computerleistung		↑ Mini-PC, TC		
Zahl verfügbarer Applikationen auf Servern steigt		↑ TC		
Markt für Hosted Virtual Desktop „explodiert“		↑ TC		
Rasante Zunahme Software-as-a-Service (SaaS)		↑ TC		
	Wirkung der Trends und Ereignisse auf...			
Indirekte Einflussfaktoren (Trends und Ereignisse)	↑ = erhöht ↓ = verringert Anzahl von Computerarbeitsplätzen bzw. Geräten	↑ = erhöht ↓ = verringert Nachfrage nach bestimmten Computertyp	↑ = erhöht ↓ = verringert Energieverbrauch pro Computerarbeitsplatz	↑ = erhöht ↓ = verringert Materialeinsatz pro Computerarbeitsplatz
Zunahme Parallel-Betrieb Privat-Notebook u. Geschäfts-TC	↓	↑ Notebook ↓ PC, Mini-PC		
Zunahme neuer Arbeitsplatzkonzepte (Shared Desk etc.)		↑ Notebook, TC ↓ PC, Mini-PC		
Öffentliche Beschaffung wird zum Pull-Faktor für Green IT		↑ Notebook, Mini-PC, TC ↓ PC	↓	↓
Anstieg Energie- und relevanter Rohstoffpreise liegt über der Inflationsrate			↓	↓
Technologische Einflussfaktoren				
Zunehmende Miniaturisierung (Halbleiter, Kabelverbinder, Netzteile etc.)			↓	↓
Zunehmender Einsatz von Notebookkomponenten			↓	↓
Komponenten werden effizienter, kontinuierlich sinkende Leistungsaufnahme (Netzteile, Laufwerke etc.)			↓	

Es werden zunehmend Solid State Disks (SSD) anstatt Festplatten (HDD) verwendet			↓	↓
Zunehmender Einsatz intelligentes Strommanagement			↓	
Anteil Metalle an Computerendgeräten nimmt ab, Anteil an Kunststoffen nimmt zu.				↓
Zunehmender Einsatz „ertüchtigter“ TCs (grafikstark, Multimediefähigkeit etc.)		↑ TC		
Integration PC-Computing und Terminalservices			↑	↑
Verlängerung der (Akku-)Laufzeit mobiler Geräte		↑ Notebook		
Im Bereich SBC und SaaS zunehmender Einsatz Hardware-beschleunigter Remoteprotokolle (PCoIP etc.)		↑ TC		
Neue Virtualisierungskonzepte			↓	↓

Quelle: Eigene

6 Delphi-Befragungen zur Entwicklung relevanter Einflussfaktoren bis 2020

Um die Entwicklung der als relevant identifizierten direkten Einflussfaktoren (Leistungsaufnahme der Computerendgeräte usw.) bis zum Jahr 2020 abschätzen zu können, wurden im Zeitraum von Dezember 2009 bis März 2010 Delphi-Befragungen durchgeführt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass aufgrund der langfristigen Betrachtung und der spezifischen Sachkenntnisse, die zur Einschätzung einzelner Einflussfaktoren erforderlich sind, auch Branchen- und Technologieexperten immer nur zu einer begrenzten Anzahl von Einflussfaktoren verlässlich und durch plausible Sachargumente abgestützte Einschätzungen abgeben können. Die als relevant identifizierten direkten Einflussfaktoren wurde daher in vier Themengebiete aufgeteilt:

1. Bestands- und Marktzahlen bei Computerendgeräten an Arbeitsplätzen in Deutschland bis 2020
2. Leistungsaufnahme, Gewicht und Nutzungsdauer von Computerendgeräten bis 2020
3. Formen der Softwarebereitstellung für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen bis 2020
4. Umweltrelevante Kennzahlen bei Servern und Rechenzentren in Deutschland bis 2020

Für jedes der vier Themengebiete wurde ein Fragebogen ausgearbeitet und es wurden in Zusammenarbeit mit dem Steuerungskreis des Roadmapping-Projektes für jedes der vier Themengebiete zwischen vier und sechs Experten identifiziert. Der Ablauf der Delphi-Befragung war dann wie folgt:

- In einer ersten Befragungsrunde wurden die Experten gebeten, den Fragebogen ihres Themengebietes zu beantworten und an das Borderstep Institut zurückzusenden.
- Das Borderstep Institut führte die Antworten (Trendaussagen, Einschätzungen, Zahlenangaben) für jedes Themenfeld in einem Dokument zusammen und anonymisierte die Angaben (Aussage Experte 1, Experte 2 usw.).
- Das konsolidierte und anonymisierte Ergebnisdokument der 1. Befragungsrunde wurde dann den Experten des jeweiligen Themenfeldes nochmals zugesandt, wobei diesen nur mitgeteilt wurde, welcher Experte sie selbst sind („Experte 1“ usw.). Die Befragten sollten ihre eigenen Einschätzungen im Lichte der Argumente und Zahlenangaben der anderen Experten nochmals überprüfen, ggf. ändern und an das Borderstep Institut zurücksenden.
- Das Borderstep Institut führte die Rückmeldungen abermals zusammen und leitete auf Basis der genannten Trendaussagen und zahlenmäßigen Einschätzungen Zahlenangaben für die jeweiligen Trendparameter ab (vgl. Fichter et al. 2010). Die Ergebnisse wurden den Experten in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der Delphi-Befragungen sind in Fichter et al. (2010) ausführlich dokumentiert. Die folgenden Szenarien bauen auf den in den Delphi-Befragungen ermittelten Werten zentraler Einflussfaktoren auf, wobei nicht alle Werte automatisch übernommen wurden, da deren Eintreten von einer Reihe von Maßnahmen und Ereignissen abhängt, die in den Szenarien erst explizit thematisiert werden müssen. Das Eintreten oder Nicht-Eintreten stellt dann auch den Unterschied zwischen dem Business-as-usual-Szenario und dem Green IT-Szenario dar.

7 Ziel und Funktion der Szenarien

Ziel des Roadmapping-Projektes war es, Ressourceneffizienzpotenziale des Thin Client & Server Based Computing sowie weiterer arbeitsplatzbezogener Computerlösungen zu ermitteln und eine Roadmap für deren Erschließung zu erstellen. Die dazu entwickelten und im Folgenden dargestellten Szenarien haben hierbei zwei Funktionen:

- Sie dienen als Grundlage für die Ausarbeitung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“.
- Auf ihrer Basis soll berechnet und dargestellt werden, welchen Einfluss die Maßnahmen der Roadmap auf den Energie- und Materialverbrauch arbeitsplatzbezogener Computerlösungen in Deutschland bis zum Jahr 2020 haben. Die Szenarien dienen also dazu, den Unterschied zwischen einem „Business-as-usual“ und zu-

sätzlichen Anstrengungen von Seiten der Politik, der IKT-Wirtschaft sowie der Anwender deutlich zu machen. Die zusätzlichen Anstrengungen werden durch die Initiativen und Maßnahmen der Roadmap abgebildet.

Es werden zwei Szenarien entwickelt und berücksichtigt:

- Ein „Business-as-usual“-Szenario (Basisszenario), welches bisherige Trends fort schreibt (z.B. kontinuierliche Energieeffizienzsteigerung bei Endgeräten, mehr mobile Endgeräte etc.) und somit die Auswirkungen eines ungestörten „weiter so“ aufzeigt.
- Ein „Green IT“-Szenario, welches von zusätzlichen im Rahmen der Roadmap definierten Anstrengungen und Initiativen von Seiten der Politik, der IKT-Wirtschaft und der Anwender ausgeht.

In beiden Szenarien wird die Entwicklung der Anzahl von Computerarbeitsplätzen gleichgesetzt. Der Unterschied zwischen beiden Szenarien ergibt sich durch die zusätzlichen Energie- und Materialeffizienzmaßnahmen im Green IT-Szenario, die sich in einer anderen Struktur der Computerausstattung (Mehr Mini-PCs, mehr TC&SBC etc.) und einer schnelleren Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz ausdrückt.

Leitfrage der Szenarien

Als Leitfrage für die Szenarien wurde folgende Fragestellung formuliert:

Wie wird sich der Energie- und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen in Deutschland bis zum Jahr 2020 entwickeln?

Abgrenzung des Betrachtungsraums

Der Betrachtungsraum für die Szenarien wird wie folgt abgegrenzt:

- Zeithorizont: 2020, mit Zwischenbetrachtung für 2013 (Referenzjahr der Bundesregierung für Energieeinsparziele im Bereich der Bundes-IT, außerdem Ablauf der jetzigen Legislaturperiode)
- Geographische Abgrenzung: Deutschland
- Betrachtungsbereich für Computerlösungen: Stationäre Arbeitsplätze (Unternehmen, Behörden, Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen), Sozialeinrichtungen etc.), d.h. ohne Privathaushalte.
- Funktionelle Einheit: Computernutzung an stationären Arbeitsplätzen.

Betrachtete Typen von Computerlösungen für stationäre Arbeitsplätze:

- Desktop-PC
- Mini-/Kompakt-PC/Nettop
- Notebook
- Thin Client & Server Based Computing (inkl. Hosted Virtual Desktop-Lösungen und Software as a Service (SaaS) als Formen des Public oder Private Cloud

Computing sowie inkl. Server Based Computing mit Desktop-PCs als „Fat-Clients“)

- Systemabgrenzung der Computerlösungen: Bei allen Endgeräten werden neben den Endgeräten selbst auch anteilig Terminalserver und dazugehörige Infrastruktur (Kühlung, Klimatisierung etc.) einbezogen, wobei Thin Clients zu praktisch 100% auf serverbasierte Software angewiesen sind, während bei den anderen Endgeräten ein starkes Ansteigen der Softwarenutzung von Servern und aus dem Internet erst für die nächsten Jahre erwartet wird.
- Systemabgrenzung für die ökologische Betrachtung: Einbezogen werden bei Endgeräten und Servern sowohl der Energieverbrauch in der Nutzungsphase als auch der Energieverbrauch zur Herstellung der Geräte. Bei der Rechenzentrumsinfrastruktur (Klimatisierungsanlagen etc.) wird lediglich der Energieverbrauch in der Nutzungsphase einbezogen.
- Systemische Nebeneffekte (z.B. der Wegfall bzw. die Reduzierung von Büroklimateisierung im Falle quasi abwärmefreier Thin Clients oder die Reduzierung von Verkehrsemissionen durch wegfallende Mobilitätsaufwendungen für Wartung und Reparatur) werden nicht betrachtet.
- Für die Betrachtung des Materialeinsatzes wird aufgrund nichtvorhandener Daten zu den Rohstoffverbräuchen¹⁰ eine Vereinfachung vorgenommen, die lediglich die Produktgewichte der Geräte sowie die anteiligen Materialklassen (Elektronikkomponenten, Kunststoffteile, Metallteile, Netzteil) einbezieht.

Die Szenarien umfassen sowohl qualitative Beschreibungen (von Ausgangsbedingungen, Einflussfaktoren, Auswirkungen bestimmter Maßnahmen etc.) als auch quantifizierte Trendparameter (Anzahl von Computerarbeitsplätzen in Deutschland, Energieverbrauch pro Computertyp usw.). Auf dieser Basis lässt der Energieverbrauch und Materialeinsatz arbeitsplatzbezogener Computerlösungen im Zeitverlauf von 2010 bis 2020 darstellen.

8 Business-as-usual-Szenario „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“

Das folgende Szenario beschreibt die Entwicklung von arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland **aus Sicht des Jahres 2020**. Dabei wird dargelegt, inwieweit sich die Computernutzung in Unternehmen, der öffentlichen Verwaltung sowie in Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen) in Art und Umfang verändert haben, welche Auswirkungen dies auf den Bestand an Arbeitsplatzcomputern, den Energieverbrauch und den Materialeinsatz hat und welche Trends und Gründe dafür ausschlaggebend waren.

¹⁰ Vgl. dazu die Ausführungen in Fußnote 3 auf S.12.

Seit dem Jahr 2010 ist die Anzahl von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von 26,5 Mio. auf 37,5 Mio. Geräten angestiegen. Drei Gründe sind dafür maßgeblich: Zum einen hat sich die Verschiebung der Wirtschaftsleistung und Beschäftigtenzahlen vom primären und sekundären Sektor zum Dienstleistungssektor (Tertiärisierung) fortgesetzt. Dies hat einen weiteren Rückgang der Beschäftigtenzahlen in Wirtschaftssektoren mit geringer Computerquote (z.B. Bau) und eine Ausweitung von Arbeitsplätzen im Dienstleistungsbereich bewirkt. Auch hat die Computerisierung von Branchen wie dem Handel und dem Handwerk, die bis 2010 noch mit relativ wenig Arbeitsplatzcomputern ausgestattet waren, einen Anstieg der installierten Arbeitsplatzcomputer mit verursacht. Ein zweiter Grund für den Anstieg der Gerätezahlen sind die erheblichen politischen Bemühungen der vergangenen zehn Jahre, die Schulen und Hochschulen in Deutschland mit einer besseren IT-Infrastruktur auszustatten. So ist es gelungen, die allgemeinbildenden Schulen in puncto Ausstattung mit Schulcomputern an den Durchschnitt aller OECD-Länder heranzuführen. Ein dritter zentraler Grund für den Anstieg der in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen) genutzten Computerendgeräte sind die gefallen Hardware-Preise. Obwohl diese nicht mehr in dem Umfang gefallen sind, wie noch in der Dekade zuvor, hat der fortgesetzte „Preisverfall“ in den Jahren 2010 bis 2020 die Verkaufszahlen und den Bestand an installierten Geräten insgesamt erhöht. Gegenläufige Trends dieses Zeitraums wie die Abnahme der Erwerbsbevölkerung um rund 1 Mio. oder das Sinken der Schülerzahl von ca. 11 Mio. in 2010 auf rund 10 Mio. in 2020 konnten den Anstieg der Anzahl installierter Computerendgeräte in Deutschland nicht verhindern.

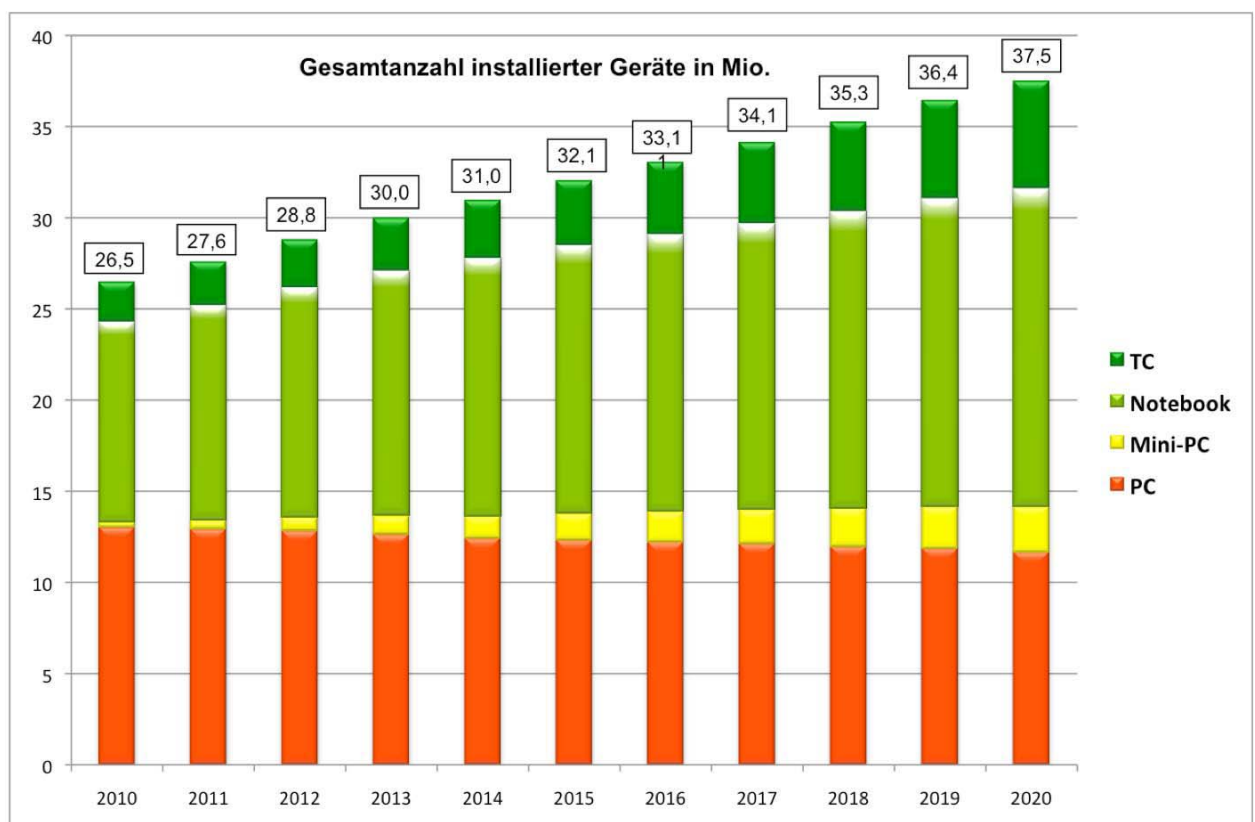
In der zurückliegenden Dekade hat sich nicht nur die Anzahl von in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen genutzten Computern deutlich erhöht, sondern es hat sich auch eine grundlegende Veränderung bei den Computertypen vollzogen. So ist der Anteil des „klassischen“ PC an allen Computerendgeräten an Arbeitsplätzen von rund 49 % in 2010 auf 31 % in 2020 gefallen. Trotz dieses Rückgangs in der relativen Bedeutung hat sich der PC im Wettbewerb mit Mini-PC, Notebook und Thin Clients (TCs) besser behauptet als von vielen Experten vor zehn Jahren gedacht. Zwei Gründe sind maßgeblich dafür: Zum einen haben die PC-Hersteller mit Billig-Angeboten gegenüber den anderen Gerätetypen punkten können und zum zweiten bieten mittlerweile fast alle PC-Hersteller auch sehr energiesparende PC-Geräte an, die mit einer Leistungsaufnahme von z.T. unter 40 Watt im Idle-Modus (Neugeräte in 2020) schon sehr nah an durchschnittliche Mini-PCs (25 Watt) und durchschnittliche Notebooks (25 Watt) herankommen.

Der Ausbau der Telekommunikationsnetze für mobile Computernutzungen und deutlich gestiegene Bandbreiten in der Netzinfrastruktur haben den Trend zum mobilen Arbeiten sowie „fließendere“ Übergänge zwischen Privat- und Arbeitsleben unterstützt und das Notebook schon im Jahr 2013 an die Spitze beim Anteil an allen Bestandsgeräten gebracht. Diese Spitzenposition hat sich bei knapp über 45 Prozent seither stabilisiert. Die zunehmende Substitution von PCs durch Notebooks an Arbeitsplätzen hat damit zu tun, dass sie Mobilität erlauben, platz- und energiesparender sind sowie in den ver-

gangenen zehn Jahren leistungsfähiger (längere Akkulaufzeiten etc.) und kostengünstiger geworden sind.

Der „Strukturwandel“ bei der Ausstattung von Büros mit Computerendgeräten lässt sich allerdings noch deutlicher beim Anstieg der installierten Mini-PCs und Thin Clients ablesen. Die Zahl von in Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen genutzten Mini-PCs ist von 0,3 Mio. in 2010 auf mittlerweile 2,5 Mio. Geräten angestiegen. Zentrale Gründe dafür sind, dass die Geräte für die meisten Office-Anwendungen von ihrer Leistungsfähigkeit völlig ausreichend sind. Außerdem sind sie platzsparend, geräuscharm sowie energie- und materialsparend. Waren in den ersten Jahren nach der Einführung in 2008 deutsche Anbieter von Mini-PCs noch relativ stark im Markt vertreten, so sind es mittlerweile asiatische und US-amerikanische Anbieter, die in diesem Segment die maßgeblichen Marktanteile übernommen haben. Anders sieht dies im Marktsegment für Thin Clients aus. Auf dem deutschen Markt werden die meisten Geräte hier nach wie vor von deutschen Anbietern abgesetzt. Die Anzahl installierter Thin Clients an Arbeitsplätzen in Deutschland ist von 2,2 Mio. in 2010 auf 5,9 Mio. Geräte in 2020 angestiegen. Damit hat sich der Anteil von Thin Clients an allen Computerendgeräten in diesem Zeitraum von 8,3 % auf 15,7 % erhöht.

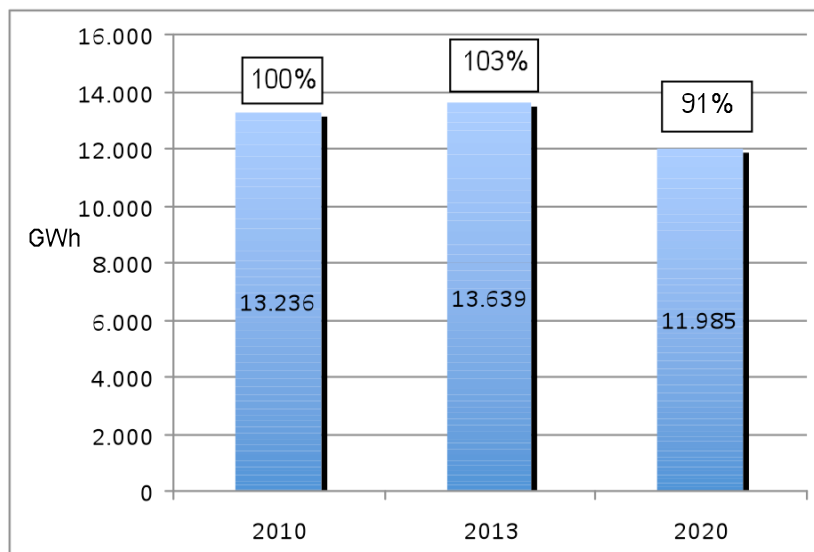
Abb. 3: Anzahl Computerendgeräte an Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Bildung) in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Obwohl die Computerendgeräte und die Server seit 2010 deutlich energieeffizienter geworden sind, ist der Gesamtenergieverbrauch (KEA) aller Computerarbeitsplätze in Deutschland zunächst von 13,24 TWh in 2010 auf 13,64 TWh in 2013 angestiegen und erst danach auf 11,99 TWh gefallen. Das entspricht gegenüber 2010 einem Anstieg von rund 3 % (2013) bzw. eine Reduktion von 9% (2020).

Abb. 4: Kumulierter Energieaufwand (KEA) aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland p.a. in GWh (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Bei der Berechnung des kumulierten Energieaufwands (KEA) sind sowohl der Stromverbrauch der Computerendgeräte als auch der Verbrauch der Server und Rechenzentren (inkl. Infrastruktur wie Kühlung und Klimatisierung) eingerechnet, die durch die Computerarbeitsplätze in Anspruch genommen wurden. Eingerechnet ist auch die Energie, die zur Herstellung der Endgeräte und Server erforderlich war. Verantwortlich für die Zunahme des Energieverbrauchs ist die erheblich gestiegene Anzahl von Arbeitsplatzcomputern sowie die Tatsache, dass heute auch PC-, Mini-PC- und Notebook-Nutzer überwiegend im Rahmen von Server Based Computing (SBC), Hosted Virtual Desktop-Konzepten (HVD) und im Rahmen von Software as a Service (SaaS) arbeiten. Das bedeutet, dass heute (2020) bei PCs, Mini-PCs und Notebooks nur noch 25% der Anwendungssoftware auf dem Endgerät selbst läuft. Die restlichen 75% der Anwendungsprogramme werden bei diesen Geräten durch Terminalserver bereitgestellt. Im Jahr 2010 lief die Anwendungssoftware bei PCs, Mini-PCs und Notebooks noch zu 90% auf dem Endgerät selbst (vgl. Tab. 3). Bei Thin Clients läuft die Anwendungssoftware technologie- und konzeptbedingt immer zu praktisch 100% auf zentralen Terminalservern.

Tab. 3: Anteile der Softwarebereitstellung bei Computerendgeräten an Arbeitsplätzen in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario

	2010				2013				2020			
	Lokale Soft-ware	SBC	HVD	SaaS	Lokale Soft-ware	SBC	HVD	SaaS	Lokale Soft-ware	SBC	HVD	SaaS
Desktop-PC, Mini-PC, Notebook	90	4	4	2	55	20	20	5	25	20	40	15
Thin Client	0	90	10	0	0	70	20	10	0	50	30	20

Quelle: Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Da sich die Wochenarbeitszeiten seit 2010 nicht wesentlich verändert haben, sind auch die Nutzungszeiten im Wesentlichen gleich geblieben. In Anlehnung an die 2009 durch Fraunhofer IZM und ISI angenommenen Werte werden Arbeitsplatzcomputer 1.920 Stunden im Idle- und Active-Mode betrieben (48 Wochen x 5 Tage x 8 Stunden), sind aber immer noch wenig ausgelastet, so dass der im Active-Mode etwas höhere Verbrauch keine messbaren Auswirkungen hat. Neben der eigentlichen Nutzungszeit (1.920 Stunden) werden stationäre Geräte (PC, Mini-PC, TC) an Arbeitstagen außerdem 9 Stunden im Netzwerk-Standby betrieben (3276 Stunden pro Jahr), die restliche Zeit befinden sich die Geräte im Schein-Aus-Zustand, in dem sie aber am Ende der Dekade nur noch eine sehr niedrige Leistungsaufnahme haben. Abweichend davon befinden sich Notebooks nur zwei Stunden pro Tag (728 Stunden pro Jahr) im Netzwerk-Standby, da sie oft transportiert werden und dann wirklich „aus“ sind.

Die Leistungsaufnahmen der Geräte hätten, käme es nur auf die Hardware an, das Potenzial gehabt deutlich zu sinken. Da aber immer anspruchsvollere Software weitere Leistungssteigerungen auf der Hardwareseite zur Folge hatte, wurden nur sehr kleine Reduktionen der Leistungsaufnahme wirksam. Beim PC sank dieser Wert bei Neugeräten von 65 Watt in 2010 auf 60 Watt in 2020, beim Mini-PC und beim Notebook von 30 Watt in 2010 auf 25 Watt in 2020 und beim TC 12 Watt in 2010 auf 10 Watt in 2020. Im Netzwerk-Standby sank die Leistungsaufnahme von 10 Watt auf 6 Watt (PC), von 3 Watt auf 2 Watt (Mini-PC und Notebook) und von 2 Watt auf 1 Watt (TC), im Schein-Aus auf durchgängig 0,5 Watt für alle Geräte. Tab. 4 zeigt die Entwicklung der Jahresstromverbräuche von Neugeräten in den Jahren 2010 bis 2020. Vor diesem Hintergrund konnten die durchschnittlichen Jahresstromverbräuche der installierten Computerendgeräte an Arbeitsplätzen von 2010 bis 2020 ermittelt werden.

Tab. 4: Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch pro neuem Computerendgerät in Deutschland bis 2020 im Business-as-usual-Szenario

	Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch pro neuem Computerendgerät an Arbeitsplätzen (ohne Monitor, ohne Server, ohne zentrale IT, nur Nutzungsphase) in kWh			
	PC	Mini-PC	Notebook	Thin Client
2010	166	71	61	33
2011	162	69	59	32
2012	158	67	58	31
2013	154	66	57	30
2014	152	65	56	29
2015	150	64	55	28
2016	148	64	55	27
2017	145	63	54	26
2018	142	62	53	25
2019	140	61	52	25
2020	137	60	51	24

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Während die durchschnittlichen Jahresstromverbräuche der Arbeitsplatzcomputer seit 2010 kontinuierlich gefallen sind (vgl. Tab. 5) hat sich an der durchschnittlichen Nutzungsdauer der Geräte seither nichts geändert. PC und Mini-PC werden nach wie vor im Durchschnitt 5 Jahre genutzt. Notebooks sind immer noch durchschnittlich 4 Jahre und Thin Clients 8 Jahre im Einsatz.

Die Verbesserung der Energieeffizienz von Computerarbeitsplätzen ist auch auf eine erhebliche Leistungssteigerung bei Servern zurückzuführen. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme eines Volume-Servers im Bestand ist trotz einer massiven Steigerung der Rechenleistung (Arbeitsspeicher 24 GB in 2010, 256 GB in 2020) und der Festplattenkapazität (1 TB in 2010, 10 TB in 2020) von 400 Watt bei voller Auslastung in 2010 auf 369 Watt in 2020 gesunken. Noch stärker gesunken sind die Leistungsaufnahme im Idle-Betrieb (von 160 Watt in 2010 auf 118 Watt in 2020) und im heruntergefahrenen Zustand (20 Watt in 2010, 4 Watt in 2020). Gemeinsam mit der Möglichkeit zum automatisierten herunter- und wieder hochfahren führt dies seit dem Jahr 2010 zu einem kontinuierlich sinkenden absoluten Jahresstromverbrauch pro installiertem Terminalserver von 1984 kWh in 2010 auf 1475 kWh in 2020.

Tab. 5: Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch eines Terminalserver bis 2020 in Deutschland im Business-as-usual-Szenario

	Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch eines Terminalserver in kWh
2010	1984
2011	1953
2012	1918
2013	1883
2014	1843
2015	1801
2016	1747
2017	1686
2018	1621
2019	1551
2020	1475

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Im Rahmen des Server Based Computing (SBC) konnte ein Server im Jahr 2010 durchschnittlich 50 Clients „bedienen“. Diese Zahl ist auf 80 im Jahr 2013 und auf 150 im Jahr 2020 angestiegen. Ähnliche Sprünge sind beim Hosted Virtual Desktop (HVD) und bei Software-as-a-Service (SaaS) zu verzeichnen. Beim HVD konnte im Jahr 2010 ein Terminalserver 25 Endgeräte versorgen, heute sind es 50. Auch bei SaaS hat sich diese Zahl innerhalb eines Jahrzehnts von 50 auf 100 verdoppelt.

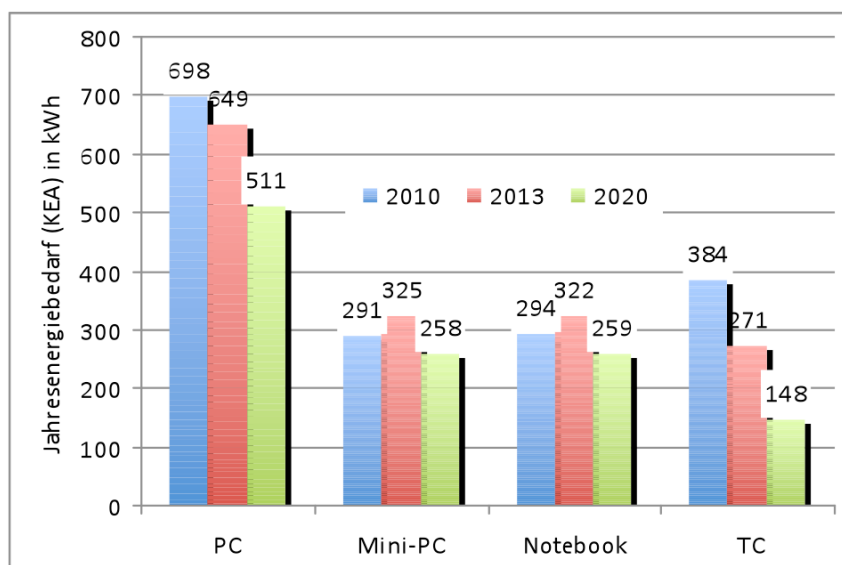
Auch eine Verbesserung des Energiemanagements in Rechenzentren hat zur gewachsenen Energieeffizienz von Computerarbeitsplätzen in Deutschland beigetragen. Die Energieeffizienz der Infrastruktur eines Rechenzentrums lässt sich durch das Verhältnis des Energieverbrauchs der IT und des Energieverbrauchs der Infrastruktur (Kühlung, Klimatisierung, Stromversorgung) darstellen. Die Infrastrukturenergieeffizienz (PUE) ist von 2,0 in 2010 auf 1,9 in 2013 auf schließlich 1,7 in 2020 gesunken.

Die genannten Steigerungen der Energieeffizienz haben in den vergangenen zehn Jahren bewirkt, dass der durchschnittliche Energieveraufwand (KEA) pro Computerarbeitsplatz bei allen Gerätetypen gesunken ist. Hierbei sind alle Energieverbräuche einbezogen, die durch die Herstellung und Nutzung der Endgeräte und Server sowie die Nutzung der Rechenzentrumsinfrastruktur (Kühlung, Klimatisierung etc.) entstanden sind. Nicht einbezogen sind die Energieverbräuche von Monitoren und der sonstigen Büroinfrastruktur (Drucker, Telefon etc.), weil letztere für alle Computertypen als identisch angenommen werden können. Lediglich beim Notebook musste auch die Dockingstation berücksichtigt werden, da rund die Hälfte aller Notebook-Nutzer am Arbeitsplatz eine solche verwenden. Mit einer Leistungsaufnahme von 1 W kann der zusätzliche Energieverbrauch durch eine Docking-Station praktisch vernachlässigt wer-

den. Anders sieht dies beim Materialverbrauch aus, da die Dockingstation im Durchschnitt 400 g wiegt.

Den stärksten Fortschritt bei der Energieeffizienz hat das Thin Client & Server Based Computing gemacht. Bei der Nutzung eines Thin Clients fallen pro Arbeitsplatz heute nur noch 148 kWh an Primärenergie pro Jahr an (inkl. Terminalserver), dieser Wert lag in 2010 noch bei 384 kWh. Diese starke Senkung ist weniger auf die Effizienzsteigerung des Endgerätes als auf das deutlich verbesserte Verhältnis der Anzahl von Thin Clients pro Server zurückzuführen (s.o.). Lagen in 2010 Mini-PC und Notebook beim Energieeinsatz pro Arbeitsplatz noch etwas günstiger als der Thin Client, war bereits im Jahr 2013 der Thin Client eindeutig Spitzenreiter bei der Energieeffizienz. Im Jahr 2010 war er knapp um den Faktor 2 energieeffizienter als der PC, heute ist der Faktor größer als 3.

Tab. 6: Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario

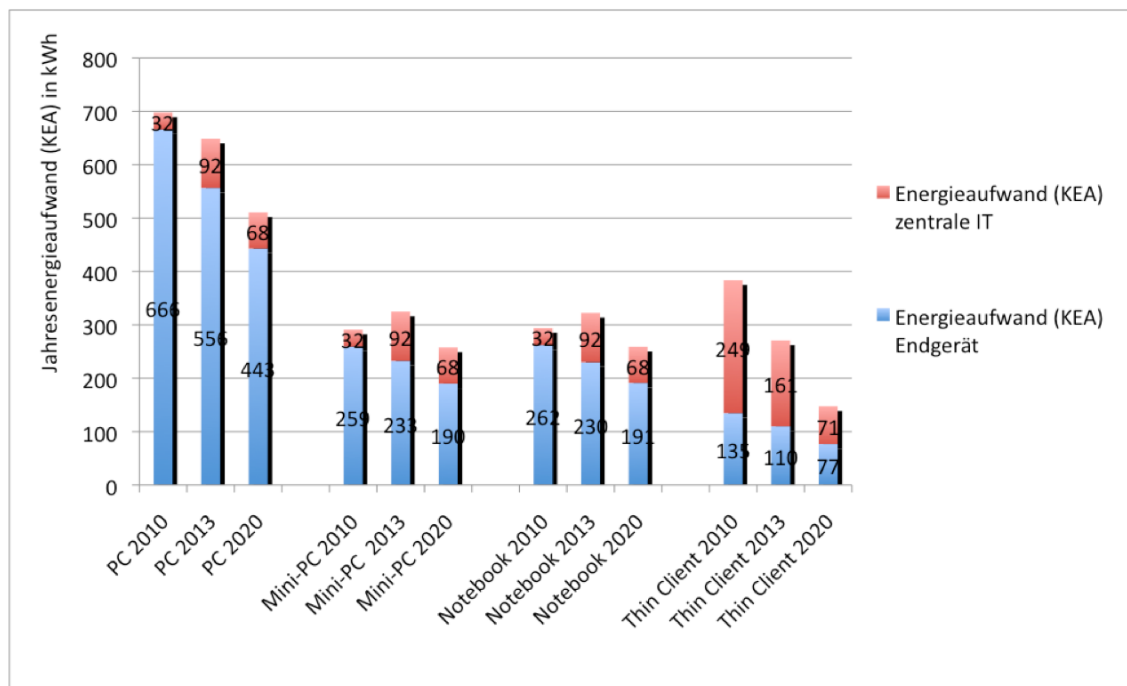


Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Differenziert man zwischen dem Energieverbrauch des Endgerätes und dem Energieverbrauch durch die Inanspruchnahme zentraler IT-Ressourcen (Terminalserver) durch Server Based Computing (SBC), Hosted Virtual Desktop-Konzepte (HVD) und Software as a Service (SaaS), so zeigt sich, dass der Energieverbrauch bei allen Endgerätetypen von 2010 bis 2020 abgenommen hat. Anders sieht das Bild beim Energieeinsatz der Computerarbeitsplätze durch die Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) aus. Dieser hat sich bei PC-, Mini-PC- und Notebook-Nutzern von 32 kWh (KEA) in 2010 auf 92 kWh 2013 fast verdreifacht. Dies hat damit zu tun, dass in diesem Zeitraum an PC-, Mini-PC- und Notebook-Arbeitsplätzen verstärkt auf die zentrale Bereit-

stellung von Anwendungssoftware auf Terminalservern zurückgegriffen wurde (SBC, HVD, SaaS). Dieser Trend hat sich zwischen 2013 und 2020 weiter verstärkt, wobei dies nicht zu einer Zunahme des Energieverbrauchs bei der zentralen IT geführt hat, da bei Terminalservern und Rechenzentren erhebliche Verbesserungen in der Energieeffizienz erzielt werden konnten und außerdem heute ein Terminalserver wesentlich mehr Clients (Endgeräte) „versorgen“ kann als früher (s.o.).

Abb. 5: Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland differenziert nach Endgerät (ohne Monitor) und Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) im Business-as-usual-Szenario

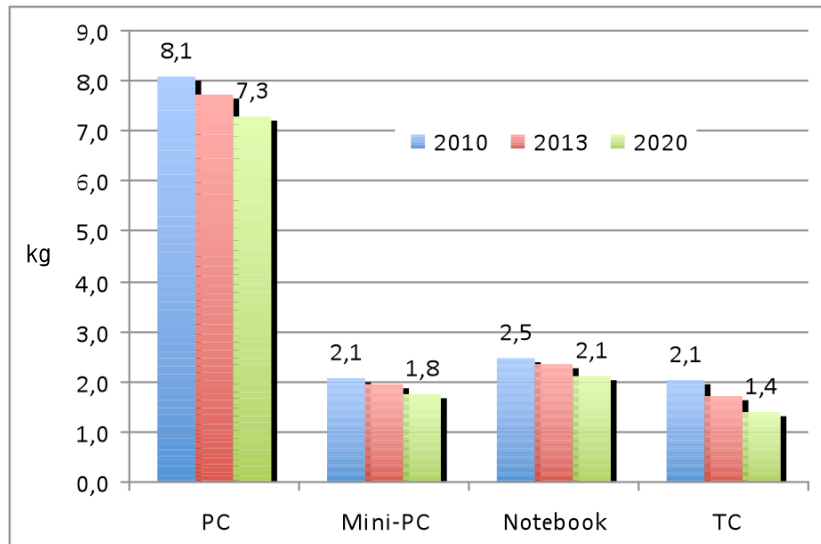


Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Betrachtet man anstatt des kumulierten Energieaufwands den Materialeinsatz pro Arbeitsplatz, ergibt sich ein ähnliches Bild. Addiert man das Produktgewicht eines Computerendgerätes und das anteilige Gewicht des genutzten Terminalservers zusammen, ergibt sich die in Abb. 5 dargestellte Entwicklung der letzten zehn Jahre. Auch hier schneidet der Thin Client-Arbeitsplatz am günstigsten ab. Er hat heute noch ein Gewicht von ca. 1,4 kg (Thin Client plus Serveranteil). Ein PC-Arbeitsplatz (PC plus Serveranteil) hat dahingegen heute ein Gewicht von ca. 7,3 kg und ist damit um einen Faktor von mehr als 5 materialintensiver. Das liegt u.a. daran, dass das durchschnittliche Gewicht eines PCs nur relativ gering gefallen ist. In 2010 lag das durchschnittliche Gewicht eines neuen PC bei 8 kg, heute sind es noch 7 kg. Im Gegensatz zum Energieverbrauch rangiert beim Materialeinsatz der Mini-PC mit 1,8 kg auf Platz 2 und nicht das Notebook. Das Gewicht des Mini-PC selbst ist von 2 kg in 2010 auf 1,5 kg in 2020 gesunken. Auch das Notebook (von 2,2 auf 1,7 kg) und der Thin Client (von 1,5 auf 1,1 kg) haben in diesem Zeitraum jeweils ungefähr ein halbes Kilo „abgenommen“. Die Ge-

wichtsreduktion fällt etwas anderes aus, wenn man Endgerät und anteiligen Terminalserver zusammenaddiert (vgl. Abb. 6). Der Serveranteil am Materialgewicht beträgt im Jahr 2020 beim PC ca. 4%, beim Mini-PC ca. 15%, beim Notebook ca. 13% und beim Thin Client ca. 25%¹¹

Abb. 6: Materialeinsatz pro Arbeitsplatzcomputer in Deutschland in kg (inkl. Serveranteil, ohne Monitor) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

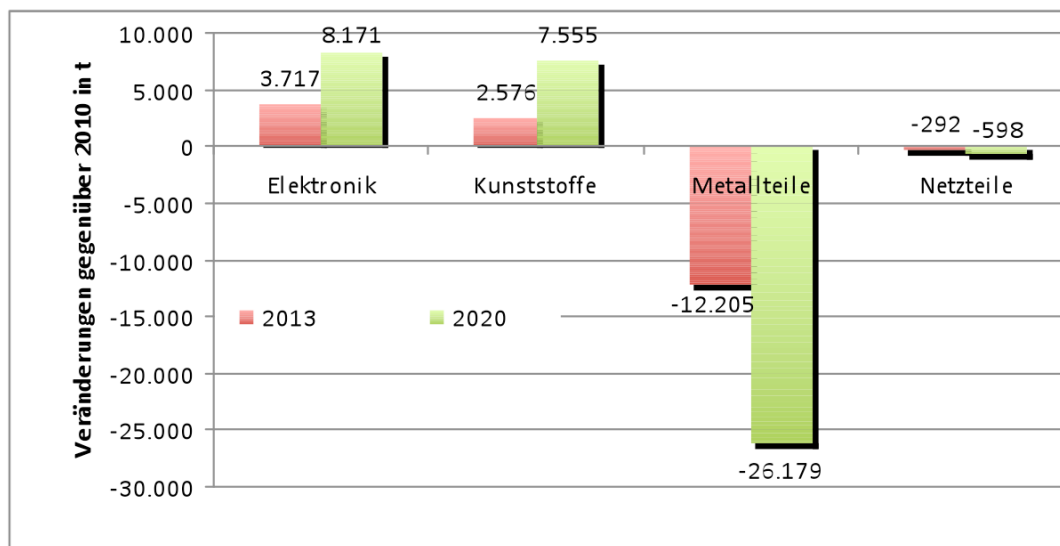
Die umweltbezogenen Gesamteffekte der beschriebenen Entwicklung bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland zeigen folgendes Bild:

- Der kumulierte Energieaufwand (KEA) aller Computerendgeräte an Arbeitsplätzen in Deutschland (Herstellung und Nutzung, inkl. anteiliger Nutzung von Terminalservern und Rechenzentrumsinfrastruktur) ist von 13,24 TWh in 2010 auf 11,99 TWh in 2020 leicht gesunken.
- Der kumulierte Energieaufwand (KEA) der durch Computerarbeitsplätze genutzten Terminalserver (Herstellung und Nutzung) und Rechenzentrumskapazitäten steigt von 1,32 TWh in 2010 auf 2,97 TWh in 2013 an und nimmt damit innerhalb von nur drei Jahren um den Faktor 2,3 zu. Seither ist der Energieverbrauch der zentralen IT (Terminalserver), die durch Computerarbeitsplätze in Anspruch genommen werden, fast auf diesem Niveau geblieben (2,56 TWh in 2020).

¹¹ An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Betrachtung der Produktgewichte nur einen ersten Anhaltspunkt für die tatsächlichen Umweltwirkungen der Produkte liefern. Gemeinsam mit der Betrachtung der Energiebedarfe (KEA) ergibt sich hier allerdings ein konsistentes Bild. In dem vom UBA geförderten UFOPLAN-Vorhaben „Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion“ wurde ermittelt, dass der kumulierte Primärenergieaufwand (KEA) sehr gut verschiedene Umweltwirkungen repräsentiert, insbesondere bei Produkten die sich durch einen hohen Energieverbrauch auszeichnen. Somit können gewisse Rückschlüsse des KEA-Wertes auf den kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) getroffen werden.

- Das Gewicht aller an deutschen Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Schulen/Hochschulen) eingesetzten Computerendgeräte sinkt geringfügig um knapp 8 % auf ca. 125.000 t in 2020. Dabei zeigen sich allerdings bei den verschiedenen Materialanteilen (Elektronikkomponenten, Kunststoffe, Metallteile, Netzteile) sehr unterschiedliche Entwicklungen. Während der Materialeinsatz bei den Metallteilen sehr stark und bei den Netzteilen leicht abnimmt, steigt er bei der Elektronik und den Kunststoffen an (vgl. Abb. 7).
- Das Gewicht aller durch Computerarbeitsplätze genutzten Terminalserver stieg von 2010 bis 2020 um das 3,5-fache auf über 10.000 t deutlich an. Dies liegt an der gestiegenen Nutzung zentraler IT-Infrastrukturen. Die Anzahl installierter Terminalserver für Büroarbeitsplätze in Deutschland ist in der letzten Dekade von 116.440 auf 409.200 deutlich angestiegen. Das durchschnittliche Gewicht eines Terminalserver ist dahingegen mit 25 kg gleich geblieben.
- Addiert man beide Zahlen zusammen, wird deutlich, dass die von allen Computerarbeitsplätzen in Deutschland genutzten Endgeräte und Server um 2 % geringfügig an Gewicht verlieren. Das Sinken der Tonnage an Gerätegewichten verdeutlicht einen reduzierten Materialeinsatz bei den IT-Endgeräten. Ob damit auch auf dem Entstehungsweg der Geräte, also bei der Gewinnung der Rohstoffe, ihrer Verarbeitung, der Komponentenherstellung und Montage tatsächlich weniger Ressourcen verbraucht werden, kann damit allerdings nach wie vor nicht abschließend beantwortet werden.

Abb. 7: Veränderung des Gesamtgewichtes der Komponenten von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland in Tonnen (ohne Serveranteil, ohne Monitore) im Business-as-usual-Szenario

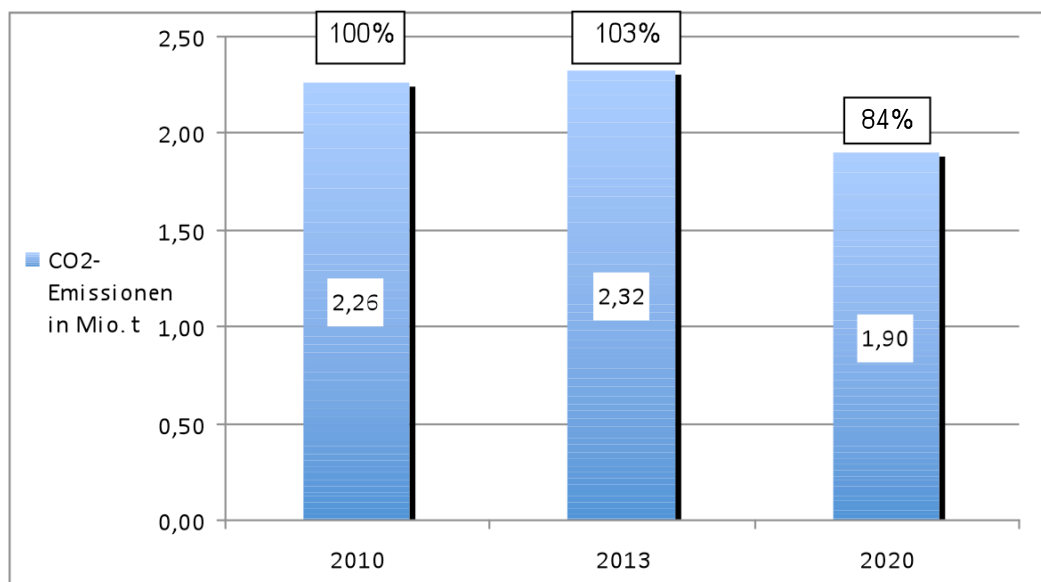


Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

- Die Entwicklungen bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in den Jahren von 2010 bis 2020 haben in Deutschland keinen Beitrag zum Klimaschutz ge-

bracht. Trotz der gestiegenen Energieeffizienz der Endgeräte und Server ist der Gesamtstromverbrauch aller Computerarbeitsplätze in Deutschland aufgrund der steigenden Gerätezahl und der zunehmenden Nutzung zentraler Serverressourcen um 2% angestiegen. Bis zum Jahr 2013 führte insbesondere die Nutzung der zentralen Serverressourcen sogar zu einem Anstieg des Stromverbrauchs um 8% und damit auch zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen. Bis 2020 ging die CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern und ihrer anteiligen Nutzung von Rechenzentrumskapazitäten in Deutschland auf 1,90 Mio. t zurück. Diese Reduktion von 16% erklärt sich allerdings ausschließlich daraus, dass der Strom in Deutschland in der vergangenen Dekade durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien deutlich sauberer geworden ist. So sanken die CO₂-Emissionen im deutschen Strommix von 580 g/kWh in 2010 auf 480 g/kWh in 2020¹². Das entspricht einer Reduktion von rund 17%.

Abb. 8: CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitore) im Business-as-usual-Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

¹² Bei der Annahme einer Absenkung der CO₂-Emissionen im deutschen Strommix auf 480 g/kWh bis zum Jahr 2020 handelt es sich um eine Trendfortschreibung der Jahre 1990 bis 2009 (UBA 2010). Diese Annahme liegt im Mittel aktueller Prognosen (z.B. Nitsch 2008, EWI 2008).

9 Die Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“

Wie das BAU-Szenario zeigt, muss eine Ressourceneinsparstrategie bei Arbeitsplatzcomputern bei zwei Punkten ansetzen: Zum einen müssen die jeweiligen Gerätetypen und Systeme deutlich energie- und materialeffizienter werden, zum anderen ist aber auch ein „Strukturwandel“ bei den Gerätetypen notwendig. Der Desktop-PC wird als „Computer-Allround-Talent“ auch zukünftig bei einzelnen Anwendungen eine sinnvolle Lösung darstellen, für den ganz überwiegenden Teil von Büro- und Arbeitsplatzanwendungen stellen Mini-PCs, Notebooks und insbesondere das Thin Client & Server Based Computing (TC&SBC) unter ökologischen Gesichtspunkten aber eindeutig die besseren Alternativen dar.¹³ Für das TC&SBC können aber auch andere Vorteile wie ein geringerer Administrationsaufwand, höhere Sicherheit und geringere Total Cost of Ownership sprechen.

Vor diesem Hintergrund und aufbauend auf einer umfangreichen Analyse, warum sich Ansätze des Thin Client & Server Based Computing trotz bestehender Best Practice-Anwendungen in der Praxis bislang nur sehr schleppend verbreiten (Hemmnisanalyse), wurde von der Steuerungsgruppe des Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing“ (vgl. Liste der Mitglieder auf S. 5) im ersten Halbjahr 2010 die folgende Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ ausgearbeitet.

Ziel der Roadmap ist ein nachhaltiger Strukturwandel bei arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland bis 2020. Mit der Roadmap soll ein Leitmarkt für „Green Office Computing“ entwickelt werden, der zu folgenden wirtschaftlichen und ökologischen Zielen beiträgt:

- Erhöhung des Anteils energie- und materialeffizienter Arbeitsplatzcomputerlösungen von heute 50% auf über 60% in 2013 und 85% in 2020.¹⁴
- Reduzierung des durchschnittlichen Primärenergieaufwands (KEA) von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von heute 500 kWh pro Jahr (inkl. Herstellung und Terminalserveranteil, ohne Monitor) auf 400 kWh in 2013 und 200 kWh pro Jahr in 2020.
- Reduzierung des durchschnittlichen Produktgewichts pro Arbeitsplatzcomputer (inkl. Serveranteil) von heute 5,2 kg (ohne Monitor) um 20% bis 2013 und um mindestens 50% bis 2020.

Die Maßnahmen der Roadmap dienen dazu, die genannten Zielsetzungen zu erreichen. Die Umsetzung der Roadmap ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch hoch attraktiv, da dadurch erhebliche Mengen an Energie, Ressourcen und Geld eingespart

¹³ Vgl. dazu Fußnote 3 auf Seite 12.

¹⁴ Als „energie- und materialeffizient“ werden hier solche Computerlösungen betrachtet, die mindestens 20% weniger an Energie verbrauchen bzw. mindestens 20% weniger an Endgerätegewicht haben als eine durchschnittliche Arbeitsplatzcomputerlösung im Jahr 2010.

werden können und die internationale Wettbewerbsposition Deutschlands als Green IT-Pionier gestärkt wird.

Das breite Spektrum an Maßnahmen sowie die umfangreichen Ressourcen, die zu ihrer Umsetzung notwendig sind, machen deutlich, dass die Realisierung der Roadmap nur in einer konzertierten Aktion von IT-Herstellern, IT-Anwendern, Politik und Wissenschaft gelingen kann. Während einzelne Maßnahmen der Roadmap von individuellen Akteuren aufgegriffen und umgesetzt werden können, ist die Realisierung der Roadmap als Ganzes auf ein breites Netzwerk öffentlicher und privater Partner angewiesen. Zur Durchführung der Roadmap wird hier daher die Gründung einer Initiative „Green Office Computing“ in der Form einer Öffentlich-Privaten-Partnerschaft vorgeschlagen.

Als Netzwerk von Partnern, die ressourceneffiziente Computerlösungen in Unternehmen, Verwaltung und Bildungseinrichtungen fördern und voranbringen möchten, dient die Initiative als institutionelle „Plattform“, die sich um die Entwicklung der strategischen Partnerschaft sowie um die Koordination der Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen kümmert.¹⁵ Die Initiative „Green Office Computing“ sollte durch die Bundesregierung, IKT-Anbieter, IKT-Anwender (Rat der IT-Beauftragten des Bundes, CIO-colloquium, etc.), Branchenverbände wie BITKOM sowie wissenschaftliche Einrichtungen getragen werden.

Die Gründung sollte bis Ende 2011 erfolgen und die Umsetzung der Roadmap langfristig fördern und begleiten. Für die Roadmap wurden vom Steuerungskreis des Roadmapping-Prozesses insgesamt 39 Einzelmaßnahmen ausgearbeitet, für deren Umsetzung Zeitpunkte bzw. –räume sowie Zuständigkeiten für die Umsetzung festgelegt wurden. Die Maßnahmenfelder sind im Folgenden kurz dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der Roadmap-Maßnahmen sowie ihrer angenommenen Auswirkungen auf den Einsatz unterschiedlicher Typen von Computerlösungen sowie den Energieverbrauch und Materialeinsatz befindet sich Anhang (vgl. Anhang: Ausführliche Liste der Roadmap-Maßnahmen).

¹⁵ Ein Beispiel, wie eine solche Öffentlich-Private-Partnerschaft institutionell ausgestaltet werden könnte, ist das Innovationszentrum Connected Living e.V. (vgl. www.connected-living.org).

Roadmap-Maßnahmenfeld „Geschäftsmodelle“

Serverbasierte Systeme des Cloud Computing gefährden etablierte Geschäftsmodelle z.B. von PC-Lieferanten und PC-Serviceunternehmen, schaffen aber auch neue Geschäftschancen. Chancen für Systemhäuser liegen in kombinierten Hard- und Softwareangeboten, IT-Leasingmodellen und Softwarehosting. Im Roadmap-Maßnahmenfeld „Geschäftsmodelle“ kommt daher dem marktbezogenen Dialog von Herstellern, Handel und IT-Dienstleistern eine zentrale Bedeutung zu. Durch den Marktdialog sollen für die ganze Lieferkette wie auch für die Anwender attraktive Geschäftsmodelle erarbeitet und bekannt gemacht werden. Dazu können z.B. zählen:

- Innovative Cloud Computing-Angebote
- Hardware-Dienste-Bundles
- Pauschalangebote für Kleinunternehmen
- Thin Books
- Software und Datenangebote mit attraktiven Konditionen für die „Cloud“.

Die Ergreifung dieser neuen Geschäftschancen durch die IT-Branche ist zentral dafür, dass sich die Kompetenzen einer ressourceneffizienten IT in Deutschland verstärken können und sich ein deutscher Leitmarkt für diese Technik entwickeln kann.

Roadmap-Maßnahmenfeld „Informationskampagne Green Office Computing“

Durch ein breites Spektrum von Informationsmaterialien sollen sowohl IT-Fachleute wie auch Entscheider in Unternehmen und Organisationen erreicht werden. Zentraler Baustein der Informationskampagne ist eine Best-Practice-Sammlung aus vielen Branchen und großen wie kleinen Unternehmen und Organisationen. In Kooperation mit Wirtschaftsmedien sollen diese Informationen den Entscheidern, in Kooperation mit der IT-Fachpresse und geeigneten Informationsportalen den IT-Fachleuten nahe gebracht werden. In Berlin wird die Einrichtung eines permanenten Green-IT-Showrooms, überregional ein Green-IT-Truck angestrebt. Zentrale Maßnahmen der Informationskampagne „Green Office Computing“ sind:

- Best Practice-Informationsmaterialien für verschiedene Zielgruppen (KMU, Behörden, usw.)
- Informationskampagne „Green Office Computing“ in Kooperation mit Wirtschaftsmedien (Zielgruppe TOP-Management) sowie mit IT-Fachmedien (Zielgruppe Betriebliche IT-Entscheider und IT-Fachleute)
- Branchenbezogene und berufsgruppenbezogene Informationskampagne
- Showroom „Green Office Computing“
- Green IT Truck.

Durch die Informationskampagne Green Office Computing werden die existierenden Best Practice-Lösungen bekannter gemacht und die Zahl der Anwender deutlich erhöht.

Roadmap-Maßnahmenfeld „Leuchtturmprojekte“

Durch die vorbildliche Realisierung serverbasierter IT-Systeme in verschiedenen Anwenderbranchen und in bisher kaum für diese Technologie zugänglichen Anwendungsbereichen wie z.B. Engineering oder Medien, die besonders hohe Anforderungen an die Rechenleistung und Performance stellen, sollen Leuchtturmprojekte mit hoher Ausstrahlung in die jeweilige Branche oder das jeweilige Anwendungsgebiet geschaffen werden.

Leuchtturmprojekt kleine Dienstleistungsunternehmen

- Leuchtturmprojekt Engineering
- Leuchtturmprojekt Wohnanlagen
- Leuchtturmprojekt Schulverbünde.

Die Realisierung von Leuchtturmprojekten weist die Machbarkeit serverbasierte Lösungen auch in Anwendungskontexten nach, in denen sie bisher als nicht oder nur schwierig realisierbar galten. Dadurch wird der für diese Lösungen zugängliche Markt größer.

Roadmap-Maßnahmenbereich „Bildung und Qualifizierung“

Die Analysen im Rahmen des Roadmapping-Projektes haben gezeigt, dass gerade kleinere Systemhäuser und Reseller noch nicht mit TC&SBC vertraut sind oder die Potenziale des TC&SBC nicht ausreichend kennen. Es bedarf daher der Ausarbeitung eines Konzeptes für ein bundesweites, mehrjähriges Programm an Informations- und Schulungsveranstaltungen. Hierbei ist die Kooperation mit IT-Weiterbildungsorganisationen und Kongressveranstaltern zweckmäßig. Zielgruppen sind Systemhäuser, Entscheider und IT-Fachkräfte. Ergänzt werden soll die Weiterbildungsreihe durch den Versuch, serverbasierte IT-Systeme in den universitären Bildungskanon und die Schulausbildung angemessen zu integrieren. Auch die Einrichtung einschlägiger Stiftungslehrstühle erscheint erstrebenswert.

- Informations- und Schulungsveranstaltungen für Systemhäuser und Reseller „Zukunftsmarkt Green Office Computing“
- Branchenbezogene Schulungsreihe „Einfacher, sicherer, kostengünstiger: Intelligente Office Computing-Lösungen“, Zielgruppe: IT-Entscheider aus KMUs und Kleinorganisationen
- Aufnahme von TC&SBC und Green Computing in den universitären Bildungskanon (Informatik etc.)

- Stiftungslehrstühle „Serverbasierte Computerlösungen“ und „Green Office and Home Computing“
- Aufnahme von TC&SBC und Green Computing in den Bildungskanon (Informatik-Unterricht etc.) in Schulen
- Informations- und Bildungsangebot „Green Computing Kids“ für Schulen.

Das Wirkungsspektrum der Bildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen ist breit angelegt. Kurz- und mittelfristig erschließt die Schulung von Systemhäusern und Resellern neue Vertriebswege für ressourceneffiziente Computerlösungen. Langfristig schaffen die Bildungsbausteine an Schulen und Universitäten eine bessere Wissensbasis bei Nachwuchskräften.

Roadmap-Maßnahmenfeld „Gewerkschaften, Betriebs-, Personalräte“

In einem ersten bereits laufenden Teilprojekt der Roadmap werden gegenwärtig die Vor- und Nachteile sowie die Hemmnisse und Belastungen bei der Umstellung auf serverbasierte Systeme aus Sicht der Beschäftigten in Fallstudien erhoben und eine Muster-Betriebsvereinbarung entworfen. In Dialogen mit Betriebs- und Personalräten, Technologieberatungsstellen und Gewerkschaften sollen die Vor- und Nachteile serverbasierter Arbeitsplatzcomputerlösungen und des Cloud Computing aus Sicht der Beschäftigten bekannt gemacht werden.

- Studie zu Auswirkungen und Akzeptanz serverbasierter Arbeitsplatz-Computer-Lösungen
- Entwicklung einer Muster-Betriebsvereinbarungen zu serverbasierten Arbeitsplatz-computer-Lösungen und Verbreitung von Ergebnissen der Studie
- Dialoge mit Gewerkschaften, Technologieberatungsstellen, Betriebs- und Personalräten.

Mittelfristig reduzieren die Projekte zur Arbeitnehmersicht und die Entwicklung einer Muster-Betriebsvereinbarung Widerstände von Anwendern.

Roadmap-Maßnahmenfeld „Technologieentwicklung und Standards“

F&E Aktivitäten sind sowohl zur Einführung von Energie und Material sparenden Komponenten, z.B. durch Transfer aus dem Notebookbau, erforderlich, wie auch zur Leistungssteigerung serverbasierter Systeme erforderlich, um diese z.B. auch für besonders rechenintensive Engineering-Arbeitsplätze oder die Medienbranche zu qualifizieren. Weiter sind Fortschritte in der Performance und der Energieeffizienz bei Betriebssystemen, Virtualisierungs- und Managementsoftware wie auch bei Anwendungen notwendig.

- Forschung und Entwicklung (F&E) zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von TCs

- High-Performance Server und High-Performance-Bandbreite für Engineering- und Grafik-Anwender
- Entwicklung von Softwarelösungen zur Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server im SBC, HVD und SaaS
- Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von Servern.

Durch die weitere Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz der Geräte können zukünftig Fortschritte in zwei Richtungen erzielt werden: zum einen erhöht sich die Effizienz von Standardanwendungen, zum anderen wird es möglich, besonders rechenintensive Anwendungen für energieeffizientes SBC und HVD zu erschließen.

Roadmap-Maßnahmenfeld „Der Staat als IT-Anwender und Förderer“

Basis der Durchsetzung von Green Office Computing im öffentlichen Dienst ist die Aufnahme des Konzeptes in die IKT-Strategie der Bundesregierung, den Green IT Aktionsplan sowie den Arbeiten des Rates der IT-Beauftragten des Bundes sowie der dortigen Projekt- und Arbeitsgruppe „Green IT“. Die Arbeiten zur Bekanntmachung ressourceneffizienter IT-Lösungen müssen dabei auf Bundes-, Landes- und Kommunalparlamente und -behörden zielen und diese in zwei verschiedenen Funktionen ansprechen: zum einen wird der Staat als IT-Anwender zur Nutzung von ressourceneffizienten IT-Lösungen ermutigt und zum anderen sollte der Staat als Förderer von F&E rund um die IT durch geeignete Förderprogramme des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Umwelt, Reaktorsicherheit und Naturschutz (BMU) die Weiterentwicklung von ressourceneffizienten IT-Lösungen aktiv anregen.

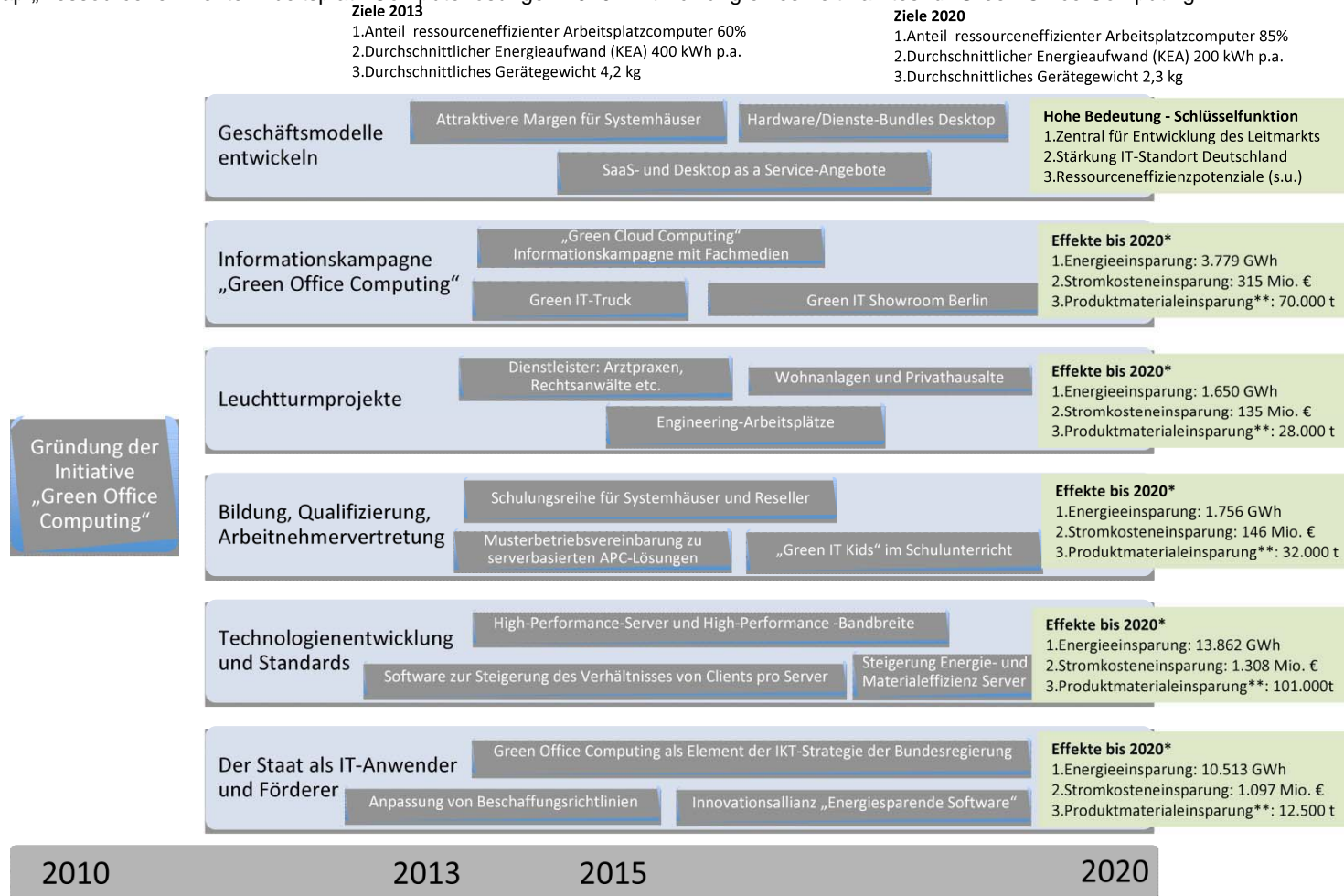
Der Staat als Anwender:

- Green Office Computing-Lösungen als Element der IKT-Strategie der Bundesregierung
- Aufnahme von Green Office Computing-Lösungen in den Green IT Aktionsplan der Bundesregierung
- Bekanntmachung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ bei Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden
- Bekanntmachung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ bei Bundestag, Landesparlamenten und Kommunalvertretungen
- Anpassung von Beschaffungsrichtlinien und Rahmenverträgen der öffentlichen Beschaffung
- Der Staat als Förderer:
- Blauer Engel für Thin Clients und Mini-PCs
- Grundlagenstudie zur Auswirkung von Anwendungs-Software auf den Energieverbrauch von IT

- Innovationsallianz „Green Office Computing“
- Innovationsallianz „Energiesparende Anwendungs-Software“
- Green Office Computing-Lösungen als kontinuierlicher Schwerpunkt im Förderschwerpunkt „IT goes green“ des BMU
- Förderung der Diffusion von Mini-PCs
- Maßnahmen zur Steigerung der durchschnittlichen Hardwareeffizienz von Rechenzentren
- Maßnahmen zur Steigerung des durchschnittlichen PUE von Rechenzentren in Deutschland

Die Maßnahmen, die den Staat als Anwender ansprechen, erhöhen direkt die Zahl der ressourceneffizient eingerichteten IT-Arbeitsplätze. Die Ansprache des Staates als Förderer sichert sowohl den langfristigen Fortschritt, z.B. durch Grundlagenstudien und innovationsorientierte Aktivitäten, fördert aber auch mittelfristig die Diffusion ressourceneffizienter IT-Lösungen.

Abb. 9: Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020: Entwicklung eines Leitmarktes für Green Office Computing“



*Die Effekte wurden auf Basis umfangreicher Expertenbefragungen, Analysen und detaillierter Berechnungsmodelle ermittelt. Diese sowie die dabei getroffenen Annahmen sind dokumentiert in: Fichter, K.; Clausen, J.; Hintemann R. (2010): Szenarien Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020, Berlin.

** Die Daten über Materialeinsparungen sind ausschließlich über das Produktgewicht und eine grobe Materialzusammensetzung ermittelt worden. Rückschlüsse über die Rohstoffinanspruchnahme können über diese groben Annahmen nicht getroffen werden.

10 Green IT-Szenario: Umsetzung der Roadmap bis 2020

Das folgende Szenario beschreibt die Entwicklung von arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen in Deutschland **aus Sicht des Jahres 2020**. Der Unterschied zwischen dem BAU-Szenario und dem folgenden „Green IT-Szenario“ besteht darin, dass letzteres davon ausgeht, dass die im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ umgesetzt wird und dass die dort angenommenen Wirkungen der Maßnahmen auf die Art und Anzahl genutzter (installierter) Computerendgeräte und die Steigerung der Energie- und Materialeffizienz so eingetreten sind.

Seit dem Jahr 2010 ist die Anzahl von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland von 26,5 Mio. auf 37,5 Mio. Geräten angestiegen. Durch die im Jahr 2011 von der Bundesregierung, der IT-Wirtschaft, IT-Anwendern und der Wissenschaft gegründete Initiative „Green Office Computing“ wurde die Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ entwickelt und in den Folgejahren konsequent umgesetzt. Durch diese Öffentlich-Private Partnerschaft konnte innerhalb von weniger als zehn Jahren ein grundlegender Strukturwandel bei der Art arbeitsplatzbezogener Computerlösungen erreicht werden. So konnte durch die im Jahr 2011 gestartete umfangreiche Informationskampagne „Green Office Computing“, diverse Leuchtturmprojekte sowie gezielte Schulungs- und Bildungsanstrengungen erreicht werden, dass IT-Entscheider, Händler und Systemhäuser sowie IT-Anwender besser über die Möglichkeiten energie- und materialeffizienter Computerlösungen im Bürobereich informiert sind. Dies hat dazu geführt, dass heute 85% aller arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen als energie- und materialeffizient gelten können, d.h. mindestens 20% weniger Energie pro Jahr verbrauchen bzw. mindestens 20% weniger an Produktgewicht haben als der Durchschnitt aller Arbeitsplatzcomputer im Jahr 2010. Der durchschnittliche Jahresenergiebedarf (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung und Herstellung) lag in 2010 bei 499 kWh, das durchschnittliche Gewicht (ohne Monitor, inkl. Terminalserveranteil) bei 5,2 kg.

Während die heute (2020) noch im Einsatz befindlichen PCs trotz umfangreicher Effizienzmaßnahmen im Durchschnitt immer noch 402 kWh p.a. benötigen (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung und Herstellung), liegt der durchschnittliche Wert bei Mini-PCs im Jahr 2020 bei 177 kWh, bei Notebooks bei 183 kWh und bei Thin Client & Server Based Computing bei 77 kWh pro Jahr und Arbeitsplatz (jeweils ohne Monitor, aber inkl. Terminalservernutzung und Herstellung).

Tab. 7 Durchschnittlicher kumulierter Energieaufwand (KEA) unterschiedlicher Computerlösungen an Arbeitsplätzen in Deutschland im Szenario Green IT

	Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Jahr (KEA) und Arbeitsplatz in kWh (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung)				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
2010	698	291	294	384	499
2013	599	275	273	181	388
2020	402	177	183	77	190

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Tab. 8 Durchschnittlicher Materialeinsatz unterschiedlicher Computerlösungen an Arbeitsplätzen in Deutschland im Szenario Green IT

	Gerätengewicht (ohne Monitor, inkl. Terminalserveranteil) in kg				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
2010	8,1	2,1	2,5	2,1	5,2
2013	7,6	1,8	2,2	1,5	4,2
2020	6,1	1,6	1,9	1,0	2,3

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

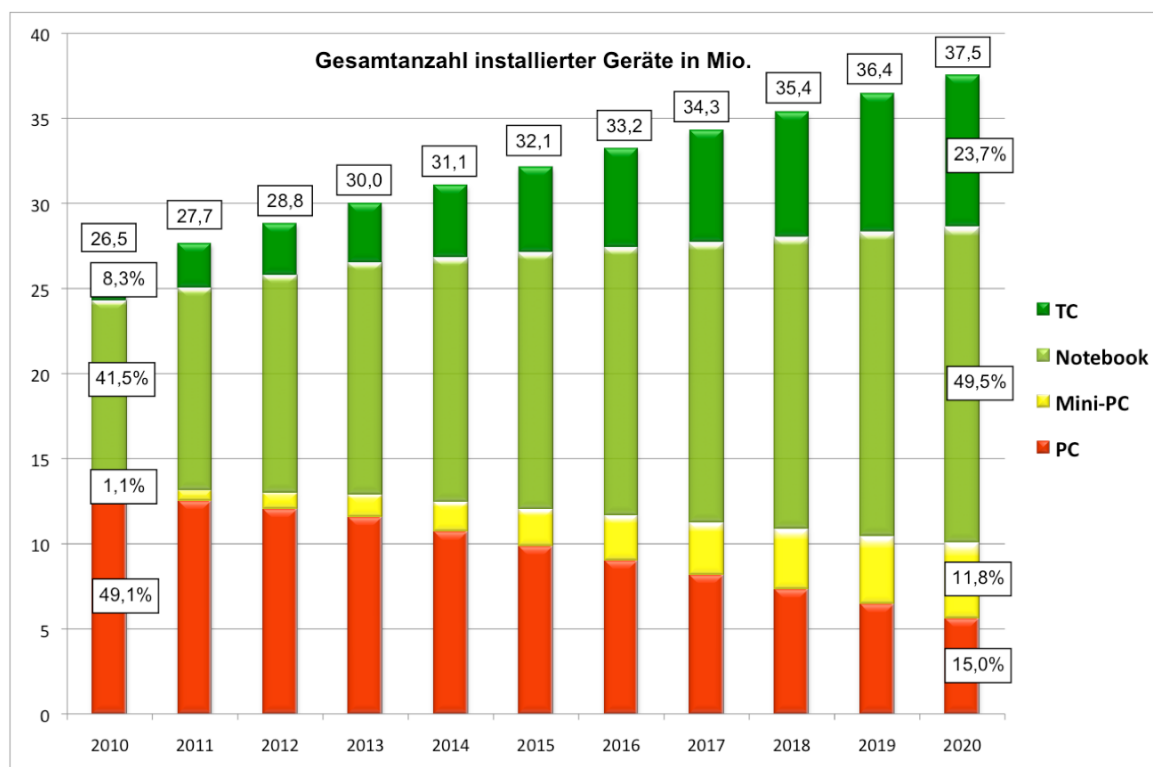
Die Erkenntnis, dass Mini-PCs, Notebooks und Thin Clients für die meisten Büroanwendungen deutlich energie- und materialeffizientere Computerlösungen darstellen als der klassische PC, hat zu einem grundlegenden Strukturwandel in der Geräteausstattung von Unternehmen, Behörden und (Hoch-) Schulen in Deutschland geführt. Lag der Anteil von PCs an allen Computerendgeräten an Arbeitsplätzen im Jahr 2010 noch bei knapp 50%, so ist dieser seither kontinuierlich gefallen und liegt heute gerade einmal noch bei rund 15%. Vor zehn Jahren war der PC noch eindeutig die größte Geräteklasse bei den Arbeitsplatzcomputern, heute rangiert er gerade mal noch auf Platz 3.

Tab. 9: Ausstattung von Unternehmen, Behörden und Schulen mit Arbeitsplatzcomputern in Deutschland im Szenario Green IT

		PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
2010	Installierte Geräte in Stück	13.000.000	300.000	11.000.000	2.200.000	26.500.000
	Ausstattungsstruktur	49,1%	1,1 %	41,5%	8,3%	100,0%
2013	Installierte Geräte in Stück	11.552.500	1.317.500	13.647.500	3.482.500	30.000.000
	Ausstattungsstruktur	38,5%	4,4%	45,5%	11,6%	100,0%
2020	Installierte Geräte in Stück	5.629.000	4.427.500	18.567.500	8.876.000	37.500.000
	Ausstattungsstruktur	15,0%	11,8%	49,5%	23,7%	100,0%

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

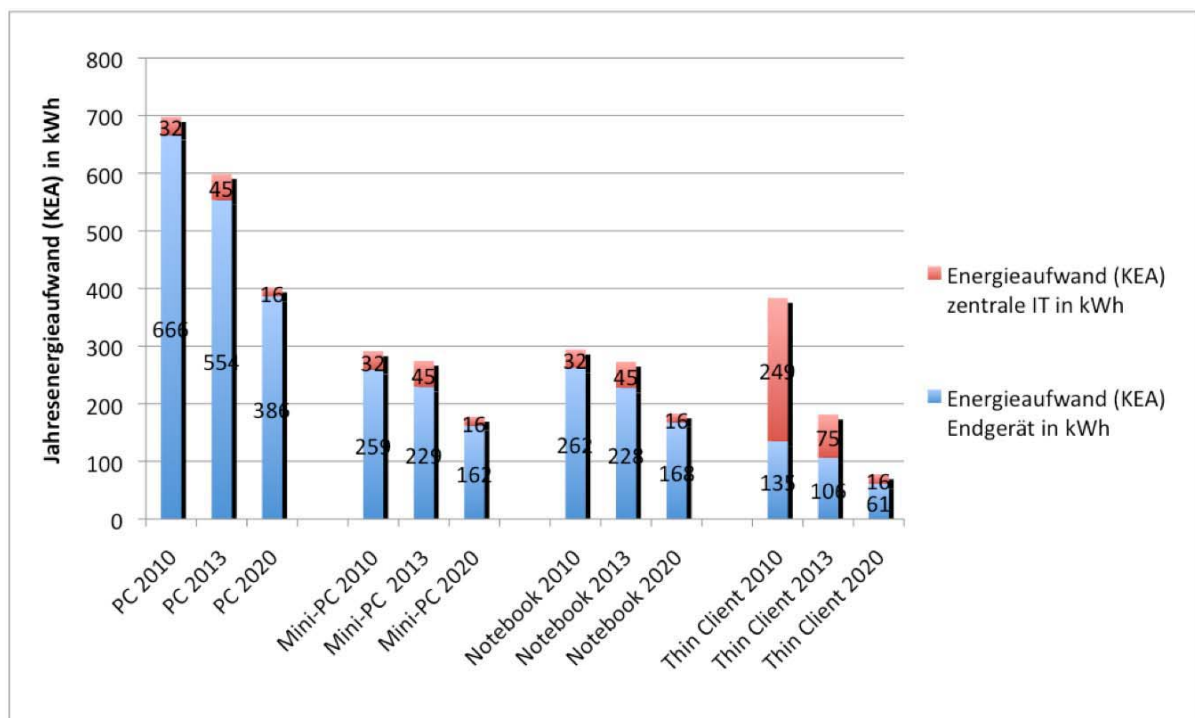
Abb. 10: Anzahl Computerendgeräte an Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Bildung) in Deutschland bis 2020 im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Der Strukturwandel bei der Ausstattung von Büros mit Arbeitsplatzcomputern sowie die Umsetzung weiterer Maßnahmen der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ wie z.B. die Initiierung der Innovationsallianz „Green Office Computing“, die Entwicklung von Softwarelösungen für die Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Terminalserver oder die erfolgreiche Entwicklung von High-Performance-Servern und High-Performance Bandbreite für Engineering- und Grafik-Anwender hatten erhebliche Auswirkungen auf den Gesamtenergieverbrauch des Office Computing in Deutschland. Die verschiedenen Maßnahmen haben dazu geführt, dass sich sowohl die Effizienz der Endgeräte als auch insbesondere die Effizienz der zentralen IT (Terminalserver, Verhältnis Clients pro Terminalserver etc.) erheblich verbessert haben (vgl. Abb. 11)

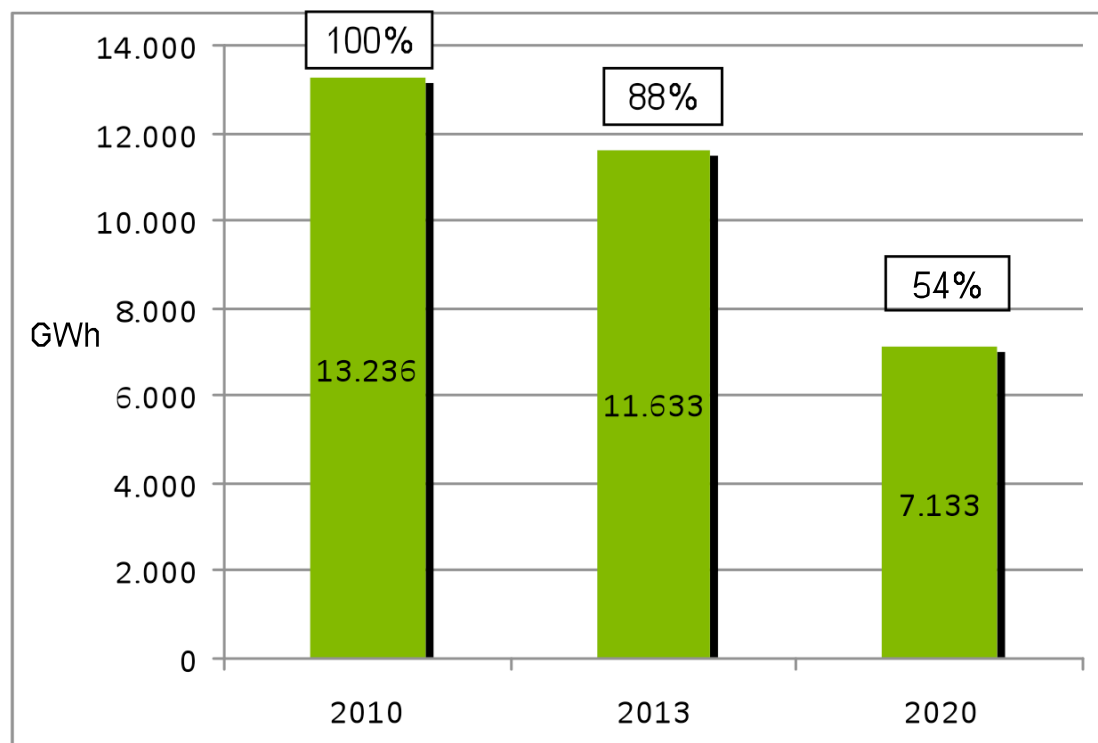
Abb. 11: Kumulierter Energieaufwand (KEA) pro Arbeitsplatzcomputer p.a. in kWh in Deutschland differenziert nach Endgerät (ohne Monitor) und Inanspruchnahme zentraler IT (Terminalserver) im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Betrachtet man den Gesamtenergiebedarf (KEA) aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland (ohne Monitor, inkl. Terminalservernutzung und Geräteherstellung), so zeigt sich, dass die Umsetzung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ dazu geführt hat, dass der absolute Energieverbrauch von 13,24 TWh in 2010 auf 7,13 TWh in 2020 gesunken ist. Das entspricht einer Reduktion von 46%.

Abb. 12: Energieverbrauch aller Arbeitsplatzcomputer in Deutschland p.a. in GWh (inkl. Herstellung und Rechenzentrumsnutzung, ohne Monitor) im Szenario Green IT

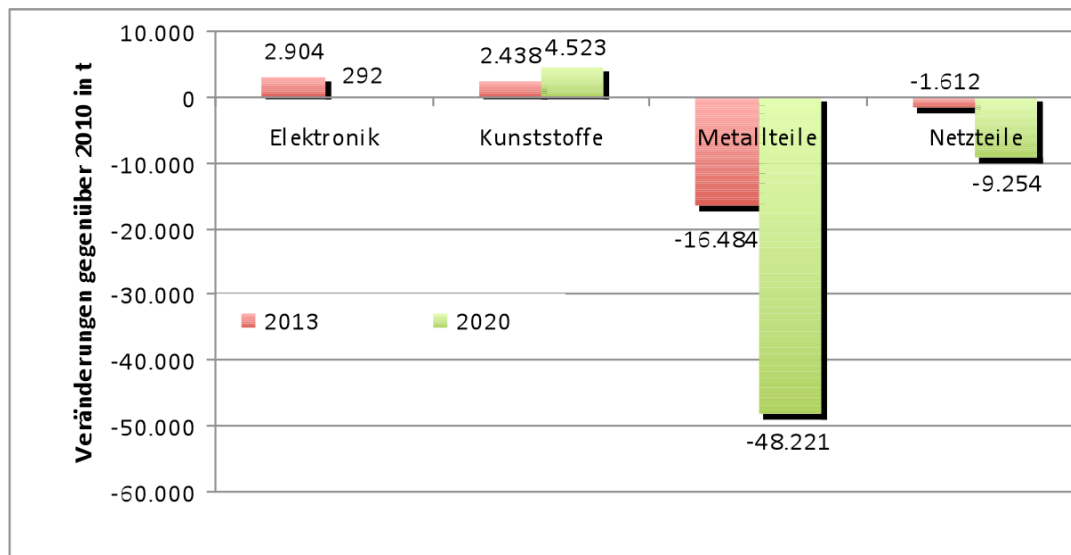


Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Die Öffentlich-Private Partnerschaft „Green Office Computing“ hat in den vergangenen zehn Jahren auch dazu beigetragen, dass sich der Materialeinsatz bei Arbeitsplatzcomputern insgesamt deutlich reduziert hat. Das Gewicht aller an deutschen Arbeitsplätzen (Unternehmen, Behörden, Schulen/Hochschulen) eingesetzten Computerendgeräte ist trotz der gestiegenen Anzahl von Geräten (26,5 Mio. in 2010, 37,5 Mio. in 2020) seit 2010 um fast 40 % auf knapp 83.000 t in 2020 gesunken.

Bei der Entwicklung des Materialeinsatzes für arbeitsplatzbezogene Computerlösungen zeigen sich allerdings bei den verschiedenen Materialanteilen (Elektronikkomponenten, Kunststoffe, Metallteile, Netzteile) sehr unterschiedliche Entwicklungen. Während der Materialeinsatz bei den Metallteilen und den Netzteilen sehr stark gesunken ist und bei der Elektronik-„Masse“ stagniert, steigt er konstruktionsbedingt bei den Kunststoffen an (vgl. Abb. 13).

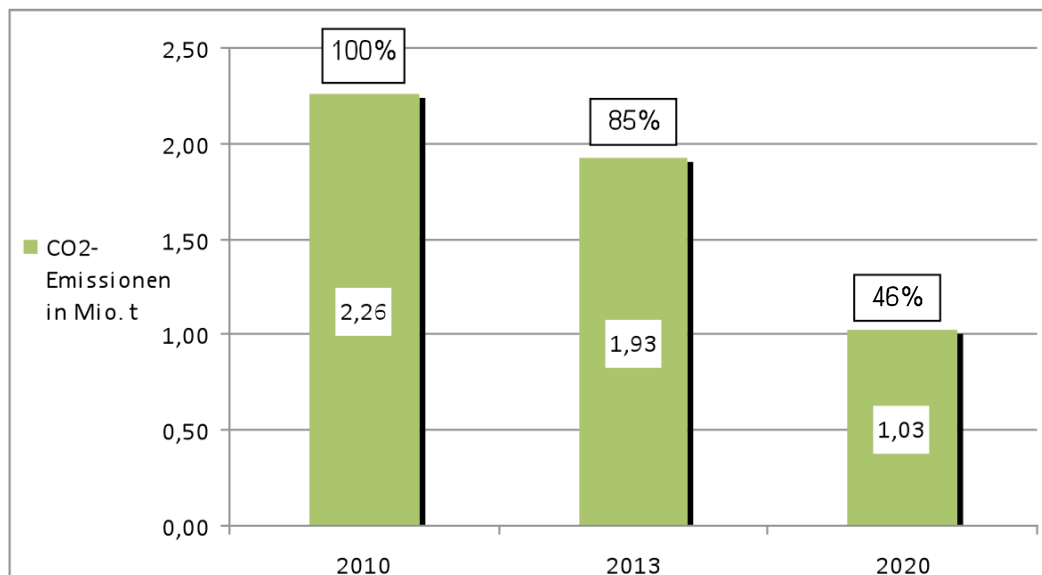
Abb. 13: Entwicklung des Gesamtgewichts der Komponenten von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland in Tonnen (ohne Serveranteil, ohne Monitore) im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010)

Auch mit Blick auf den Klimaschutz hat sich in der vergangenen Dekade eine erhebliche Veränderung bei den arbeitsplatzbezogenen Computerlösungen vollzogen. Trotz eines Anstiegs der in Nutzung befindlichen Arbeitsplatzcomputer von 26,5 Mio. in 2010 auf 37,5 Mio. in 2020 haben sich die Gesamt-CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern (ohne Monitor) und Terminalservern in Deutschland in den vergangenen zehn Jahren mehr als halbiert und liegen heute noch bei rund 1,03 Mio. t CO₂ pro Jahr. Die erhebliche Reduktion hat zwei zentrale Gründe. Zum einen ist der Strom in Deutschland sauberer geworden. So sanken die CO₂-Emissionen im deutschen Strommix von 580 g/kWh in 2010 auf 480 g/kWh in 2020. Das entspricht einer Reduktion von rund 17%. Der zweite und noch wichtigere Grund für die Halbierung der CO₂-Emissionen durch die Nutzung von Arbeitsplatzcomputern liegt in der Umsetzung der insgesamt 39 Green IT-Maßnahmen der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“. Die Initiative „Green Office Computing“ hat mit der Förderung und Umsetzung der Roadmap also nicht nur zur Energie- und Materialeffizienz bei Computerarbeitsplätzen beitragen, sondern auch einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz in Deutschland bewirkt.

Abb. 14: CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (ohne Monitore, inkl. Rechenzentrumsnutzung) im Szenario Green IT



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

11 Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario

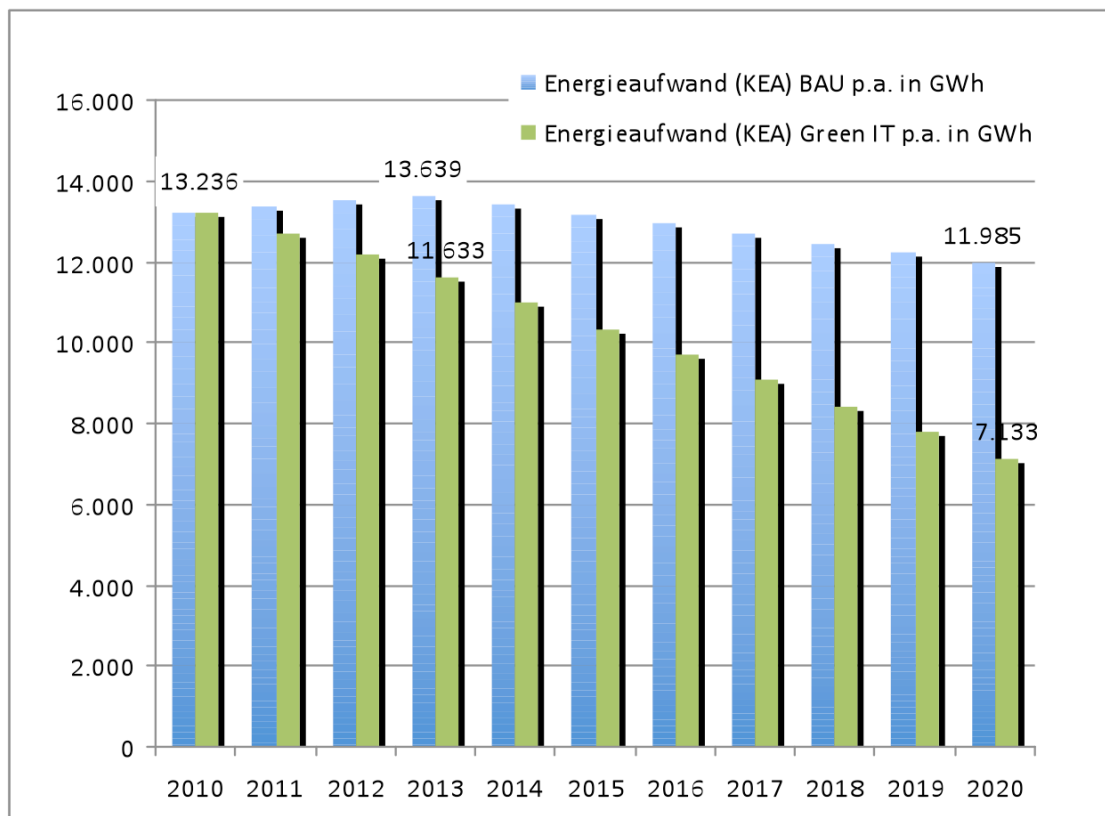
Das im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Green IT-Szenario unterscheidet sich vom BAU-Szenario dadurch, dass es von der Umsetzung der in Kapitel 7 vorgestellten Roadmap ausgeht.¹⁶ Die Wirkung der Roadmap-Maßnahmen bildet sich also als Differenz zwischen BAU- und Green IT-Szenario ab. Nicht alle Wirkungen der Roadmap-Maßnahmen können quantifiziert werden - bei einem Drittel der Maßnahmen ist keine Quantifizierung möglich. In die Wirkungsabschätzung wurden jene Maßnahmen aufgenommen, deren Wirkung auf Basis von Expertenurteilen und Workshops hinreichend plausibel und begründet abgeschätzt werden konnte. Um den Effekt der nicht quantifizierbaren Maßnahmen zumindest näherungsweise einzubeziehen, wurden zusätzliche Substitutionen von PC durch energie- und materialeffiziente Arbeitsplatzcomputer angenommen. Diese wurden sehr „konservativ“ mit 20% der Summe der quantifizierbaren Wirkungen abgeschätzt.

Im Folgenden werden die Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario vorgestellt. Sie drücken aus, welchen Nutzen die Umsetzung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ hat. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die tatsächlichen Wirkungen einer Roadmap-Umsetzung noch deutlich größer sein können, als sie hier zahlenmäßig ausgedrückt werden können. Dies liegt zum einen

¹⁶ Während ein „Szenario“ die Situation zu einem definierten Zeitpunkt in der Zukunft (z.B. im Jahr 2020) darstellt, beschreibt die „Roadmap“ den Entwicklungspfad dorthin.

daran, dass nicht alle Wirkungen der einzelnen Roadmap-Maßnahmen ohne weiteres quantifiziert werden können, zum anderen aber auch daran, dass die möglichen wechselseitigen Verstärkungseffekte der Realisierung von Einzelmaßnahmen nicht verlässlich prognostiziert werden können. Insofern basieren folgenden Darstellungen des Nutzens einer Roadmap-Umsetzung auf „konservativen“ Annahmen und sind eher als Darstellung von Mindesteffekten zu verstehen. Während in einem Business as usual-Szenario der jährliche Energiebedarf (KEA) aller in Deutschland im Einsatz befindlichen Arbeitsplatzcomputer (inkl. Herstellung und Terminalservernutzung, ohne Monitor) von 13.236 GWh in 2010 auf 11.985 GWh nur leicht sinken würde, ermöglicht die Umsetzung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ eine erhebliche Energieeinsparung. Im Green IT-Szenario sinkt der jährliche Energieverbrauch zwischen 2010 und 2020 um rund 45% (vgl. Abbildung 15).

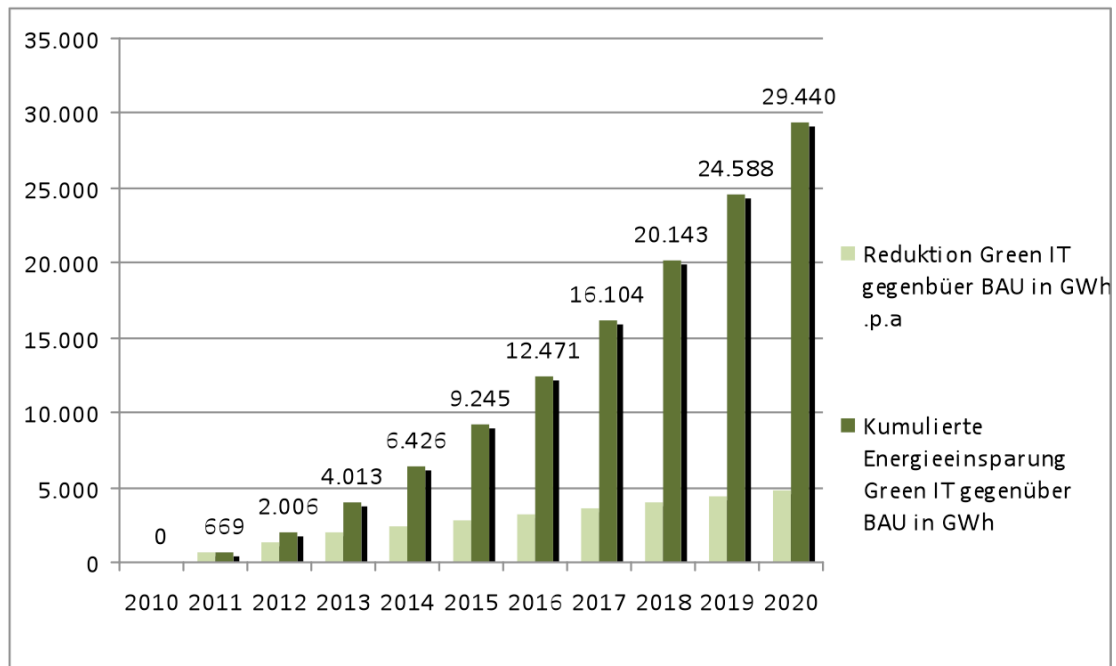
Abb. 15 BAU- und Green IT-Szenario im Vergleich – Energiebedarf (KEA) von Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Herstellung und Terminalservernutzung, ohne Monitor)



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Die jährliche Primärenergieeinsparung (KEA) durch die Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen beläuft sich im Jahr 2013 auf 2.006 GWh und beträgt im Jahr 2020 dann 4852 GWh. Betrachtet man den Stromverbrauch der Endgeräte und Server im Jahr 2020, so reduziert sich dieser durch die Umsetzung der Roadmap-Maßnahmen von 3.967 GWh auf 2.137 GWh.

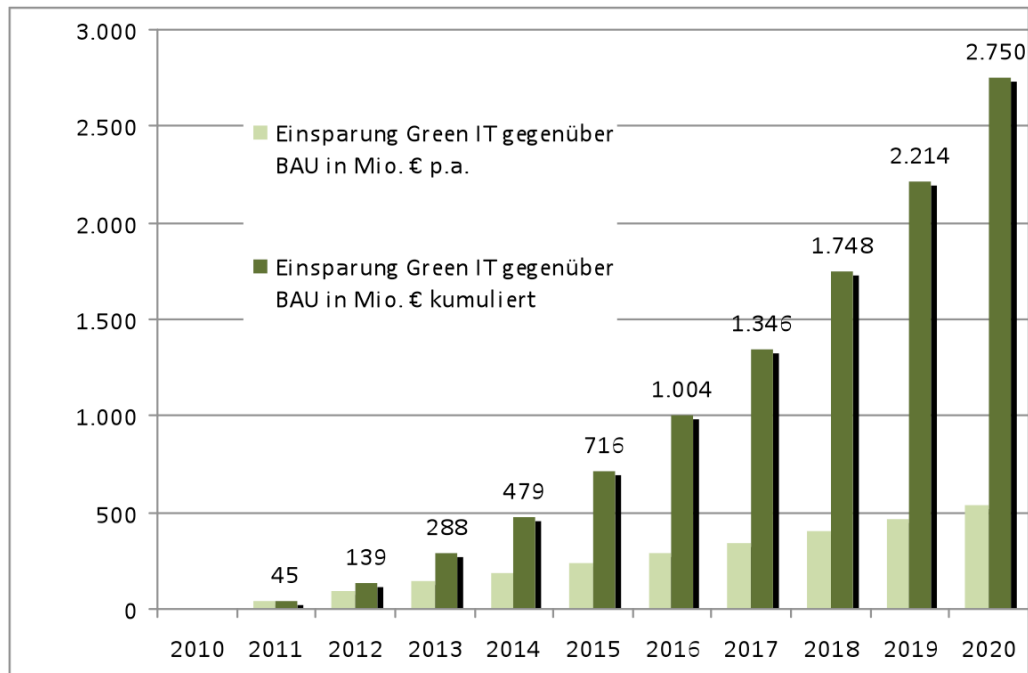
Abb. 16: Primärenergieeinsparung (KEA) durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Summiert man die jährlichen Primärenergieeinsparungen (KEA) des Green IT-Szenarios auf, so zeigt sich, dass sich bis 2013 eine Gesamtenergiemenge (KEA) von 4 TWh und bis 2020 eine Energiemenge von rund 30 TWh einsparen lassen (vgl. Abb. 16)

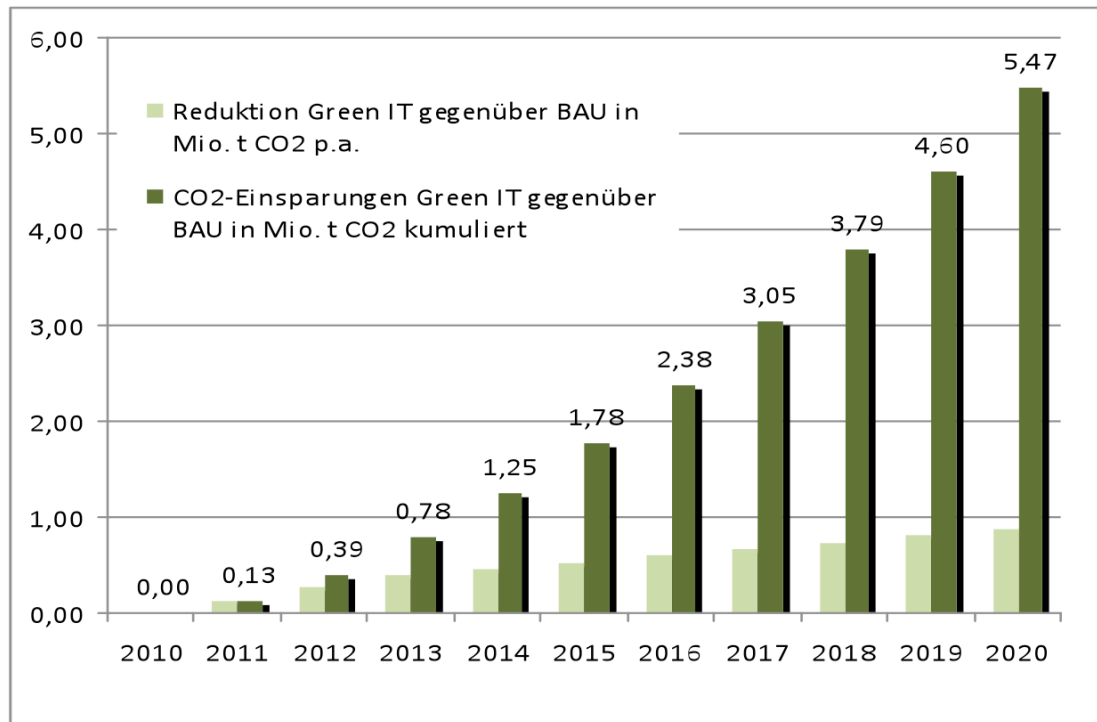
Mit der durch die Umsetzung der Roadmapmaßnahmen bewirkten Stromeinsparung sinken auch die Stromkosten für Arbeitsplatzcomputer und zentrale IT (Terminalserver) erheblich. Unternehmen, Behörden und Bildungseinrichtungen in Deutschland würden durch den verstärkten Einsatz energieeffizientere Computerlösungen (Mini-PCs, Notebooks, Thin Clients) bis 2020 Stromkosten von rund 2,75 Mrd. € einsparen (vgl. Abb. 17).

Abb. 17: Einsparung von Stromkosten¹⁷ durch Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Die Umsetzung der Roadmap bringt auch erhebliche Vorteile für den Klimaschutz. So zeigen die Berechnungen zu den Effekten der Roadmap-Maßnahmen, dass sich durch deren Umsetzung bis zum Jahr 2020 in Deutschland insgesamt rund 5,5 Mio. t CO₂ einsparen lassen.

¹⁷ Bei der Berechnung der Stromkosten wurden von einem durchschnittlichen Strompreis bei gewerblichen Kunden von 0,18 €/kWh in 2010 und einem Preisanstieg von 5% p.a. in den Folgejahren ausgegangen.

Abb. 18: Reduzierung von CO₂-Emissionen durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT-Szenario)

Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Die Roadmap umfasst insgesamt 39 Maßnahmen in acht Maßnahmenbereichen, wobei sich nur sechs Maßnahmenbereiche in ihren Auswirkungen auf Energieverbrauch, Stromkosten, CO₂-Emissionen und Materialeinsatz quantifizieren lassen. Der Maßnahmenbereich „Gründung einer Initiative Green Office Computing“ als institutionelle Plattform für die Umsetzung der Roadmap ist von grundlegender Bedeutung für den ökologischen und ökonomischen Erfolg der Roadmap, kann allerdings aufgrund seiner indirekten Wirkung auf die Energie- und Materialeinsparung nicht quantifiziert werden. Auch der Maßnahmenbereich „Geschäftsmodelle“ ist von zentraler Bedeutung für die Diffusion energie- und materialeffizienter Computerlösungen, kann in seinen Auswirkungen derzeit allerdings ebenfalls noch nicht wissenschaftlich fundiert quantifiziert werden. Die jeweiligen Beiträge der verbleibenden sechs Maßnahmenbereiche der Roadmap auf den Energieeinsparung, CO₂-Reduktion und Stromkosteneinsparung sind in Tabelle 20 dargestellt. Die Maßnahmenfelder „Bildung und Qualifizierung“ und „Gewerkschaften, Betriebs- und Personalräte“ wurden in der Darstellung zusammengefasst.

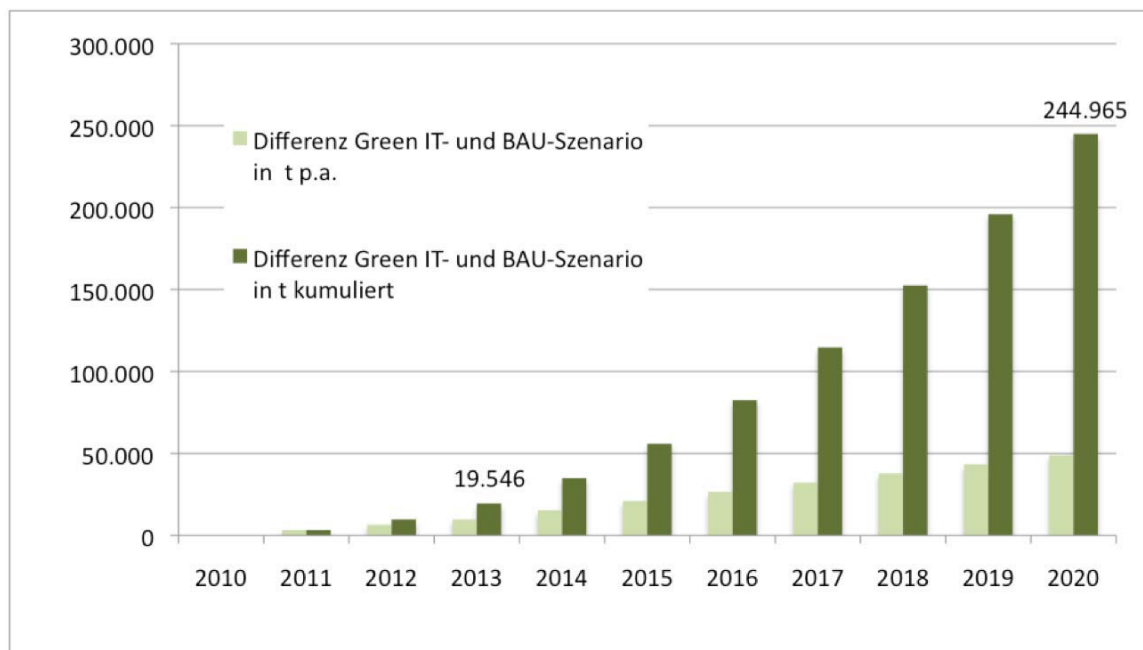
Tab. 10: Energie-, CO₂- und Stromkostenreduktion durch die verschiedenen Roadmap-Maßnahmenbereiche (Quelle: Eigene Berechnungen)

Roadmap-Maßnahmenbereich	Einsparung Green IT gegenüber BAU	2013	2020
Informationskampagne „Green Office Computing“	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	350	3.779
Leuchtturmprojekte	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	115	1.650
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	173	1.756
Technologieentwicklung und Standards	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	2.560	13.862
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	1.168	10.513
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁸	Energieeinsparung gegenüber BAU in GWh kumuliert	4.013	29.440
Informationskampagne „Green Office Computing“	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	57.960	606.140
Leuchtturmprojekte	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	18.329	255.982
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	28.626	282.506
Technologieentwicklung und Standards	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	512.184	2.697.376
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	CO ₂ -Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	242.317	2.135.223
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁸	CO₂-Einsparung gegenüber BAU in t kumuliert	784.925	5.474.801
Informationskampagne „Green Office Computing“	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	21	315
Leuchtturmprojekte	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	7	135
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	11	146
Technologieentwicklung und Standards	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	188	1.308
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	89	1.097
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁸	Stromkosteneinsparung in Mio. € kumuliert	288	2.750

¹⁸ Die Effekte einer Umsetzung aller Maßnahmenbereiche ist nicht identisch mit der Summe der Umsetzung einzelner Maßnahmenbereiche, da sich die einzelnen Maßnahmenbereiche bei gleichzeitiger Umsetzung gegenseitig beeinflussen und z.T. in ihrer Wirkung reduzieren.

Das Vorhaben „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“, in welches das Roadmapping-Projekt „Thin Client & Server Based Computing“ eingebettet war, zielte nicht nur auf die Steigerung der Energieeffizienz, sondern vor allem auch auf die Verbesserung der Materialeffizienz und die Ressourcenschonung. Wie Abb. 19 zeigt, trägt die Umsetzung der Roadmap zu einer erheblichen Materialeinsparung bei. Bei dieser Berechnung wurden lediglich die Gewichtsreduzierungen bei den Endprodukten (Arbeitsplatzcomputer und Terminalserver) berücksichtigt. Würde man zusätzlich auch noch die damit verbundenen Veränderungen beim Material- und Rohstoffeinsatz entlang des Produktlebensweges berücksichtigen, lägen die Zahlen wesentlich höher. Eine Berechnung der Veränderung beim Rohstoffverbrauch konnte aber mangels verfügbarer Daten zum kumulierten Rohstoffaufwand nicht vorgenommen werden (vgl. dazu Fußnote 3 auf S. 12).

Abb. 20: Materialeinsparung bei Arbeitsplatzcomputern in Deutschland (inkl. Terminalserveranteile, ohne Monitor) durch die Umsetzung der Roadmap (Green IT – Szenario)



Quelle: Eigene Berechnungen, Fichter/Clausen/Hintemann (2010).

Wie Tab. 11 zeigt, tragen alle Maßnahmenbereiche der Roadmap in erheblichem Maße zur Materialeinsparung bei. Die relativ größte Wirkung würde vom Maßnahmenbereich Technologieentwicklung und Standards ausgehen und damit von einem Bereich, der in erster Linie durch die F&E-Eigenanstrengungen der IT-Hersteller geprägt ist. Weiterhin haben die Maßnahmenbereiche eine hohe Wirkung, die primär dazu führen, dass weniger materialintensive PCs eingesetzt werden – also zu einer Veränderung des Nutzerverhaltens führen, wie die Informationskampagne „Green Office Computing“ oder „Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung“.

Tab. 11: Beitrag verschiedener Roadmap-Maßnahmenbereiche zur Materialeinsparung

Roadmap-Maßnahmenbereich	Einsparung Green IT gegenüber BAU	2013	2020
Informationskampagne „Green Office Computing“	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	6.057	69.531
Leuchtturmprojekte	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	1.919	28.037
Bildung, Qualifizierung und Arbeitnehmervertretung	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	2.971	31.864
Technologieentwicklung und Standards	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	7.195	101.393
Der Staat als IT-Anwender und Förderer	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	1.239	12.543
Gesamt (alle Roadmap-Maßnahmenbereiche)¹⁸	Materialeinsparung gegenüber BAU in t kumuliert	19.546	244.965

Quelle: Eigene Berechnung.

Die folgende Tab. 12 gibt noch einmal einen Überblick der Wirkungen, die von der Umsetzung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ ausgeht.

Tab. 12: Nutzen der Roadmap: Unterschiede zwischen BAU- und Green IT-Szenario

Einsparung Green IT gegenüber BAU	2010	2013	2020
Energiebedarf (KEA) BAU p.a. in GWh	13.236	13.639	11.985
Energieverbrauch Green IT p.a. in GWh	13.236	11.633	7.133
Reduktion Green IT gegenüber BAU in GWh p.a.	0	2.006	4.852
Kumulierte Energieeinsparung Green IT gegenüber BAU in GWh		4.013	29.440
Stromkosten für gewerbliche Kunden netto in € (Preisanstieg 5% p.a.)	0,18	0,21	0,29
Stromkosten BAU-Szenario in Mio. €	702	879	1.163
Stromkosten Green IT-Szenario in Mio. €	702	730	627
Einsparung Green IT gegenüber BAU in Mio. €	0	149	536
Einsparung Green IT gegenüber BAU in Mio. € kumuliert		288	2.750
BAU-Szenario: Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. in t	2.262.888	2.319.490	1.903.978
BAU-Szenario: Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. in t	2.262.888	1.927.027	1.025.856
Reduktion Green IT gegenüber BAU in t CO ₂ p.a.	0	392.463	878.122

CO ₂ -Einsparungen Green IT gegenüber BAU in t CO ₂ kumuliert		784.925	5.474.801
Materialeinsatz BAU-Szenario in t p.a.	137.211	135.932	134.303
Materialeinsatz Green IT-Szenario in t p.a.	137.211	126.159	85.277
Differenz Green IT- und BA-Szenario in t p.a.	0	9.773	49.025
Differenz Green IT- und BAU-Szenario in t kumuliert		19.546	244.965

12 Lessons learnt: Was kann ein kooperatives Roadmapping leisten?

Wie das Roadmapping-Projekt „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung eines Leitmarktes für Ressourceneffizienz“ gezeigt hat, kann ein kooperatives Roadmapping Folgendes leisten:

- *Langfristperspektive:* Früherkennung von Chancen und Risiken (z.B. von ökologischen und wirtschaftlichen Chancen der Entwicklung eines Leitmarktes Green Office Computing).
- *Potenzialabschätzung:* Ermittlung der Materialeffizienz- und Ressourcenschonungspotenziale (z.B. durch den verstärkten Einsatz „schlanker“ Computertypen (Thin Clients) für Arbeitsplätze).
- *Beschleunigung und Förderung der Verbreitung schon bestehender Effizienztechnologien:* Besseres Verständnis bestehender Hemmnisse für die Umsetzung ressourceneffizienter Zukunftslösungen (z.B. Systemwechsel im Bereich IT) und Klärung der Frage, wie die Potenziale für Materialeffizienz und Ressourcenschonung kurz-, mittel- und langfristig bestmöglich erschlossen werden können.
- *Einbindung unterschiedlicher Akteursperspektiven:* Ressourceneffizienz aus der Sicht unterschiedlicher Akteure. Im Bereich von Arbeitsplatzcomputern z.B. die IT-Hersteller, die Softwareanbieter, die Systemhäuser, die IT-Anwender (KMUs, Großunternehmen, Behörden, Schulen etc.) und Wissenschaft.
- *Innovationsfahrplan:* Entwicklung konkreter Maßnahmen zur Erschließung der Energie- und Materialeffizienz- und Ressourcenschonungspotenziale mit konkreten Zielsetzungen, Zeitplänen, Meilensteinen und Zuständigkeiten.
- *Unterstützung und Konkretisierung der „ökologischen Industriepolitik“ des BMU:* Die Offensive zur Material- und Energieeffizienz und der Erschließung von grünen Zukunftsmärkten lässt sich durch branchenorientierte Roadmappingprozesse unterstützen.
- *Identifizierung von Herausforderungen:* Technologiebedarfe, Standardisierungsbedarfe, Forschungsbedarfen, Qualifizierungserfordernisse, Anwenderanforderungen und Bedingungen zur Erschließung von besonders relevanten Zukunftsmärkten der Ressourceneffizienz werden im Roadmapping identifiziert.

- *Bündelung von Kompetenzen:* Im Roadmapping werden spezifische Kompetenzen und Know-how aus Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Verbänden und gesellschaftlichen Gruppen gebündelt. Dies kann von einzelnen Firmen, insbesondere KMU allein nicht geleistet werden. Sie erhalten einen direkten Zugang zu interdisziplinärem Wissen und zu spezifischem Know-how.
- *Einbindung von Branchenverbänden:* Einbindung, Sensibilisierung und Aktivierung von Branchen- und Fachverbänden als (bisher wenig genutzte) Plattform zur Entwicklung von abgestimmten Innovationsfahrplänen zur Ressourceneffizienz und als potenzielle Multiplikatoren für den Transfer der Ergebnisse in das Innovationsmanagement von Unternehmen (mit Pilotcharakter).
- *Marktchancen:* Aufzeigen von Möglichkeiten und Strategien zur Schaffung und Erweiterung von Märkten für Effizienztechnologien und Identifikation von Pilotprojekten für deutsche Unternehmen auf zentralen Zukunftsmärkten der Effizienztechnologien.
- *Innovationsimpulse für Unternehmen:* Impulse zur Verknüpfung der Roadmap mit operativen Aktivitäten in Innovationspolitik und -management der Unternehmen zur Erschließung von Ressourceneffizienzpotenzialen.

Die Erfahrungen aus den Roadmappingprojekten können auch auf andere Technologiefelder übertragen und als wesentliches Element einer innovationsorientierten Umweltpolitik und einer nachhaltigkeitsorientierten Wirtschaftspolitik genutzt werden. Bei der zukünftigen Nutzung der Methodik des kooperativen Roadmapping sind allerdings eine Reihe wichtiger Aspekte zu beachten, damit der Prozess effizient und effektiv gestaltet und zur Aktivierung hoher Ressourceneinsparpotenziale genutzt werden kann:

- Einbindung unabhängiger, markt- bzw. technologieneutraler Prozessmoderatoren mit Fachexpertise und Methodenkompetenz,
- Auswahl von Such- und Betrachtungsfeldern mit hohem Ressourceneinsparpotenzial und „versteckten“ Chancen (z.B. Querschnittstechnologien),
- Vorhandensein eines politischen Willens bei Ministerien und Behörden zur Entwicklung einer Roadmap in Kooperation mit Wirtschaft und Wissenschaft,
- Engagierte Vertreter aus Ministerien und Behörden, die aktiv im Prozess der Erarbeitung der Roadmap mitwirken,
- Engagierte Branchenexperten und hochrangige Entscheidungsträger beteiligen,
- Technologische Sichtweise erweitern: Anwender- und Nutzerintegration,
- Wissen aus verschiedenen Blickwinkeln generieren (z.B. Delphi-Umfragen),
- Mögliche Nebenfolgen und Risiken nicht ausblenden (z.B. Rebound-Effekte),
- Gesellschaftliche Stakeholder einbeziehen,
- Ergebnisse zielgruppenorientiert und aktiv transferieren,
- Kontinuität sichern: z.B. durch die Institutionalisierung von Allianzen.

13 Glossar

Cloud Computing

Cloud Computing bezeichnet einen neuen Ansatz für IT-Lösungen, bei dem Anwendungen und Daten sich nicht mehr auf dem lokalen Rechner befinden, sondern über das Internet bereitgestellt werden.

Desktopvirtualisierung

Bei diesem Konzept erfolgt eine Virtualisierung des PC-Desktops im Rechenzentrum. Die Anwender können über Endgeräte (Terminals), z.B. Thin Clients, auf die Anwendungen im Rechenzentrum zugreifen. Der „Desktop“ ist also nur noch dem Eindruck nach vorhanden.

Hosted Virtual Desktop (HVD)

Auf einem eindeutig bekannten Server wird ein virtueller PC eingerichtet, auf dem nutzerindividuelle Software läuft.

IKT

Informations- und Kommunikationstechnik

Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)

Summe der zur Bereitstellung eines Produktes eingesetzten Rohstoffmengen entlang der Wertschöpfungskette. Gebräuchliche Einheit ist Tonnen pro Tonne. Der KRA umfasst alle zur Herstellung und Transport eines Produktes aufgewendeten Rohstoffe, inklusive der Energierohstoffe. Nicht wirtschaftlich verwendete Stoffe und Stoffgemische, wie die nicht verwertete Entnahme, bleiben unberücksichtigt.

Material

1. Stoff oder Stoffgemisch, der / das für die Herstellung von Produkten bestimmt ist. Dies umfasst sowohl Rohstoffe als auch höher verarbeitete Stoffe und Stoffgemische.
2. Sammelbegriff für Stoffe und Stoffgemische.

Materialeffizienz

Verhältnis eines erzielten Ergebnisses oder Nutzens zum dafür nötigen Materialaufwand.

In Bezug auf Produktionsprozesse wird Materialeffizienz als Indikator verwendet, der das Verhältnis der Materialmenge eines Produkts zu der für seine Herstellung eingesetzten Materialmenge misst.

Materialintensität

Kehrwert der Materialeffizienz, also das Verhältnis des Materialaufwands zum erzielten Ergebnis oder Nutzen.

Ökobilanz (Life cycle assessment, LCA)

Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges. Unter Input- und Outputflüssen versteht man alle Stoff- und Energieflüsse, die in das Produktsystem eingehen, innerhalb des Produktsystems auftreten und aus dem Produktsystem abfließen (z.B. Energie, Rohstoffe, Betriebsstoffe, Abfälle, Emissionen, Abwässer).

Primärrohstoff

Rohstoff, der durch Entnahme aus der Natur gewonnen wird.

Produkt

Unmittelbar angestrebtes Ergebnis eines Prozesses. Hierzu zählen Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren, Energie sowie Dienstleistungen

Produktlebensweg (Produktlebenszyklus)

Aufeinander folgende und miteinander verbundene Stufen eines Produktsystems von der Rohstoffgewinnung oder Rohstoffherzeugung bis zur stofflichen oder energetischen Verwertung oder endgültigen Beseitigung des Produktes.

PUE

Power Usage Effectivness. Die PUE gibt das Verhältnis des Gesamtenergieverbrauchs eines Rechenzentrums zum Energieverbrauch der IT im Rechenzentrum an.

Ressource, geologisch

Im geologischen Kontext die Mengen eines Rohstoffs, die geologisch nachgewiesen sind, aber derzeit nicht wirtschaftlich gewonnen werden können und die Mengen, die nicht nachgewiesen sind, aber aus geologischen Gründen in dem betreffenden Gebiet erwartet werden können. International, so z.B. im englischen Sprachgebrauch, werden davon abweichende Definitionen für „Resources“, „Reserves“, „Reserve Base“ verwendet.

Ressource, natürliche (Naturkapital)

Ressource, die Bestandteil der Natur ist. Hierzu zählen erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie die Biodiversität. Es ist hierbei unwesentlich, ob die Ressourcen als Quellen für die Herstellung von Produkten oder als Senken zur Aufnahme von Emissionen (Wasser, Boden, Luft) dienen.

Ressource, nicht erneuerbare

Ressource, die nicht das Potential hat, sich in menschlichen Zeiträumen zu erneuern. Hierzu zählen neben nicht erneuerbaren Rohstoffen die Ressource Biodiversität und erodierter Boden.

Ressourcenbedarf

Die Menge an Ressourcen, die erforderlich ist, um ein Bedürfnis zu befriedigen.

Ressourceneffizienz

Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür nötigen Ressourceneinsatz. Im umweltwissenschaftlichen Sprachgebrauch ist mit Ressourceneinsatz der Einsatz von natürlichen Ressourcen gemeint. Nicht zu verwechseln mit Rohstoffeffizienz. (siehe auch Ressourcenproduktivität)

Ressourceneinsatz

Verwendung von Ressourcen in Wirtschaftsprozessen.

Rohstoff

Stoff oder Stoffgemisch in un- oder gering bearbeitetem Zustand, der / das in einen Produktionsprozess eingehen kann. Man unterscheidet Primär- und Sekundärrohstoffe. Weitere Unterscheidungen, wie in erneuerbare und nicht erneuerbare, biotische und abiotische Rohstoffe, sind gängig.

Rohstoffeffizienz

Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür nötigen Rohstoffaufwand. Wird häufig im Sinne von Rohstoffproduktivität verwendet.

Rohstoffverbrauch

Form der Rohstoffnutzung, bei der die Rohstoffe so umgewandelt werden, dass sie einer erneuten Nutzung nicht mehr zur Verfügung stehen (z.B. Verbrennung oder dissipative Verluste). In diesem Sinne wird auch der Begriff Energieverbrauch verwendet.

Server Based Computing/Server Centric Computing (SBC/SCC)

Zentrale Bereitstellung von Anwendungen auf leistungsfähigen Servern. SBC ermöglicht es, mit Thin Clients oder anderen Endgeräten Anwendungen zu nutzen, die in einem zentralen Application Server ablaufen. Die Thin Clients/PCs werden dabei als Endgeräte (Terminals) verwendet, welche im Wesentlichen der Eingabe und Ausgabe von Daten (über Tastatur, Maus und Monitor) dienen.

Software as a Service (SaaS)

Software as a Service ist ein Software-Distributions-Modell bei dem die Software als Dienstleistung basierend auf Internettechniken bereitgestellt wird. Im Gegensatz zu „klassischen“ Softwarebereitstellung betreibt der Anwender die Software nicht mehr selbst auf seinen Endgeräten oder Servern, sondern die Software wird bei einem Dienstleister betrieben.

Thin Client (TC)

Computerendgerät, dessen Hardwareausstattung im Vergleich zum PC bewusst reduziert ist und das im Wesentlichen zur Ein- und Ausgabe von Daten dient. Die eigentliche Datenverarbeitung erfolgt auf einem zentralen Server, auf welchen der Thin Client zugreift.

Thin Client & Server Based Computing (TC&SBC)

Zentrale Bereitstellung von Anwendungen auf einem leistungsfähigen Server und Nutzung eines Thin Clients als Endgerät.

Virtualisierung

Mit Virtualisierung können Computerressourcen zusammengefasst oder aufgeteilt werden. Virtualisierung abstrahiert von der tatsächlich vorhandenen Hardware und stellt logische Systeme zur Verfügung. Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Servervirtualisierung, bei der ein Hardwareserver so aufgeteilt wird, dass dem Anwender mehrere logische Server zur Verfügung gestellt werden, auf denen z.B. verschiedene Betriebssysteme installiert werden können.

14 Anhang: Ausführliche Liste der Roadmap-Maßnahmen

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Geschäftsmodelle						
Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen	<p>Neue Geschäftsmodelle können insbesondere an folgenden Punkten ansetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Attraktive Margen für Systemhäuser - Weiterentwicklung von SaaS und Desktop as a Service-Angeboten - Angebote von Hardware/Dienste-Bundles (z.B. wie beim Mobilfunk) durch Diensteanbieter - Monatlich abgerechnete Angebote für Privathaushalte und Kleinunternehmen - TC-kompatible Lizenzmodelle für Software und ggf. Daten (z.B. elektronische Bücher) - Verbesserung der Verfügbarkeit von Thin Books 	2010-2015	Hard- und Software-Hersteller, Contentanbieter, Funknetzbetreiber, Systemhäuser,	Marktanteil/Bestandsanteil TCs	Erhöhung des Bestands Zahl von TCs gegenüber BAU ist schwer zu quantifizieren, die Wirkung der Maßnahme hängt stark vom konkreten Geschäftsmodell ab. Heute liegen die Kosten für einen gemanagten Arbeitsplatz bei ca. 35 bis 70 Euro/Monat. Gelingt es, Desktop as a Service Angebote zu entwickeln, die deutlich günstiger sind (z.B. 19,95 Euro pro Monat) so können die Potenziale erheblich sein.	Attraktive Geschäftsmodelle können die Verbreitung von TCs erheblich erhöhen, bis hin zum fast kompletten Ersatz der PCs. Ob sich Geschäftsmodelle sich als tragbar erweisen, wird sich am Markt entscheiden.
Initiative „Green Office Computing“						
Gründung einer Initiative „Green Office Computing“	Die Initiative „Green Office Computing“ sollte durch die Bundesregierung, IKT-Anbieter, IKT-Anwender (Rat der IT-Beauftragten des Bundes,	Gründung 2010 – 2011	Bundesregierung, BITKOM	Indirekte Wirkung	Indirekte Wirkung. Die Wirkung ergibt sich dadurch, dass die Initiative	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
als Öffentlich-Private-Partnerschaft	CI colloquium etc.), Branchenverbände wie BITKOM sowie wissenschaftliche Einrichtungen getragen werden. Die Gründung sollte bis Ende 2011 erfolgen und die Umsetzung der Roadmap langfristig fördern und begleiten. Zweck: Förderung von Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch anwendergerechte und kosteneffiziente Green IT-Lösungen in Unternehmen, Verwaltung und Bildungseinrichtungen.	Fortführung 2011 - 2020	(AK Thin Client & Server Based Computing), IT-Anwender, Wissenschaft		die Umsetzung der Roadmap unterstützt und koordiniert. Sie ist die institutionelle Basis zur Umsetzung der vorliegenden Roadmap.	
Informationskampagne „Green Office Computing“						
Best Practice-Informationsmaterialien für verschiedene Zielgruppen (KMU, Behörden, usw.)	Ausarbeitung eines Konzeptes für Best Practice-Materialien; Auswahl relevanter Zielgruppen; ggf. Suche nach gesonderten (Ko-) Finanzierungsquellen (jenseits der „Grundfinanzierung aus der Initiative „Green Office Computing“); Ausarbeitung hersteller-/anbieterneutraler Best Practice-Materialien (Broschüren, Fallbeschreibungen usw. zu energie- und materialeffizienten Office Computing-Lösungen)	2010 – 2012 Überarbeitungen/ Aktualisierungen auf jährlicher/ zweijährlicher Basis (2013 – 2020)	Initiative „Green Office Computing“	Indirekte Wirkung	Keine Quantifizierung möglich	Basismaterial für die folgenden Bereiche der Informationskampagne
Informationskampagne „Green Office Computing“ in Ko-	Auswahl relevanter Wirtschafts- und Managementzeitschriften; Entwicklung eines Kampagnenkonzeptes; Akquisition von Budgetmitteln; Gewinn-	Schwerpunkt: 2010-2013	Initiative „Green Office	Marktanteil/ Bestandsanteil TC,	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und ver-	Um die genannte Wirkung zu erzielen wird

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
operation mit Wirtschaftsmedien: Zielgruppe TOP-Management (keine IT-Fachleute)	nung von Medienpartnern für gemeinsame Informationskampagne; Vereinbarung von Artikelserien, Schwerpunktausgaben, Beilagen o.ä.; Bereitstellung von Basisinformationen (Neue „grüne“ arbeitsplatzbezogene Computerlösungen; Best Practice-Beispiele; wissenschaftliche Daten zur Einsparpotenzialen; Szenarien „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen usw.)	Fortführung 2014- 2020	Computing“	Mini-PC, Notebooks	ringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte TCs : in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.	von einem jährlichen Budget für Anzeigen etc. von 0,25 Mio. € ausgegangen.
Infokampagne „Green Cloud Computing“ mit IT-Fachmedien : Zielgruppe Betriebliche IT-Entscheider und IT-Fachleute	Auswahl zentraler IT-Medienhäuser, z.B. Heise-Verlag; Entwicklung eines Konzeptes für eine dreijährige Kampagne in IT-Fachmedien (z.B. regelmäßige redaktionelle Beiträge in iX, regelmäßiges Beiheft „Green Cloud Computing“ o.ä.) Kooperation mit wichtigen Multiplikatoren (CIOcolloquium etc.) Roadshow durch die Bundesländer (pro Jahr eine Veranstaltung pro Bundesland = 15 Veranstaltungen; z.B. halbtägige Veranstaltungen mit Präsentation Best Practice durch Anwender, Hersteller, eventuell Flankierung durch Wissenschaft)	2010 - 2013	Initiative „Green Office Computing“	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PC: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte	Um die genannte Wirkung zu erzielen, wird von einem jährlichen Budget von 0,3 Mio. € ausgegangen (je 0,15 Mio. € für Anzeigen und Roadshow.

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
					TC : in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.	
Branchenbezogene und berufsgruppenbezogene Informationskampagne	Auswahl von Branchen und Berufsgruppen mit geringem Anteil an Thin Client & Server Based Computing-Lösungen (z.B. kleine Dienstleistungsunternehmen (Steuerberater, Rechtsanwälte, Notare usw.), Arztpraxen, Handwerk etc.); Ausarbeitung eines Konzeptes für die zielgruppengerechte Informationsversorgung; Nutzung von Best Practice-Materialien (s.o.); Kooperation mit Branchen- und Berufsverbänden; Kooperation mit Systemhäusern; Verbreitung von Informationsmaterialien (Broschüren, Flyer usw.); Durchführung zielgruppenspezifischer Veranstaltungen	Planung 2010 – 2011 Umsetzung 2011 – 2012 Betrieb 2012 – 2015 (Phase 1, ggf. Verlängerung)	Initiative „Green Office Computing	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und von in 2020 um 150.000 Geräte Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte TCs: in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.	Um die genannte Wirkung zu erzielen, wird von einem jährlichen Budget von 0,3 Mio. € ausgegangen.
Green IT-Truck	Kontinuierliche Roadshow mit Vorstellung von energieeffizienten Arbeitsplatzlösungen, regionale Auftritte, Auftritte auf Messen, etc. Laufzeit: 2011 bis 2020. Annahmen: Pro Jahr ca. 40 Auftritte, auf denen im Durchschnitt ca. 40 Entscheider erreicht werden (=1.600 Entscheider). Durchschnittliche Zahl der Geräte pro Entscheider:	2011-2017	Initiative Green Office Computing, IHKs, Hersteller,	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs und Mini-PCs	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 30.000 Geräte	Siehe „Maßnahme“

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	100. Überzeugungsquote 25 %: D.h. pro Jahr ca. 40.000 Geräte (TCs und Mini-PCs). Anlauf in 2012 und 2014 noch etwas langsam. (zum Vergleich: Geschätzter Aufwand der Aktion: ca. 500.000 € pro Jahr, d.h. 12,50 € pro Gerät.)				in 2013 und um 200.000 Geräte in 2020 Mini PCs: um 30.000 Geräte in 2013 und um 200.000 Geräte in 2020	
Showroom „Green Office Computing“	Ausarbeitung eines Konzeptes für einen Showroom „Green Office Computing“ als nationales und internationales „Schaufenster“ für IT-Entscheider aus Unternehmen, Behörden, Schulen usw. sowie IT-Interessierte (IT-Nachwachskräfte usw.); Ausarbeitung Finanzierungskonzept; Akquisition von Mitteln (z.B. 50%/50%-Finanzierung öffentliche Mittel und private Mittel); Umsetzung z.B. in Berlin; Einrichtung soll private und insb. öffentliche Stellen neutral informieren und kompetent Fragen beantworten sowie die Möglichkeit zum Ausprobieren der Geräte und Lösungen erlauben.	Planung 2010 – 2011 Umsetzung 2011 – 2012 Betrieb 2012 – 2015 (Phase 1, ggf. Verlängerung)	Initiative „Green Office Computing“	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs um 15.000 Geräte in 2013 und um 150.000 Geräte in 2020 Notebooks um 15.000 Geräte in 2013 und um 75.000 Geräte in 2020 TCs um 30.000 Geräte in 2013 und 187.500 Geräte in 2020	
Präsenz auf Messen (z.B. CeBIT) und wichtigen Grossver-		Planung 2010 – 2011	Initiative „Green Office	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs, Mini-PCs,	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Um-	Budget: ca. 0,1 Mio. € p.a.

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
anstaltungen		Umsetzung 2011 – 2012 Betrieb 2012 – 2015 (Phase 1, ggf. Verlängerung)	Computing	Notebooks	fang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs um 10.000 Geräte in 2013 und um 50.000 Geräte in 2020 Notebooks um 10.000 Geräte in 2013 und um 50.000 Geräte in 2020 TCs um 20.000 Geräte in 2013 und 62.500 Geräte in 2020	
Leuchtturmprojekte						
Leuchtturmprojekt z.B. im Bereich kleiner Dienstleistungsunternehmen, Arztpraxen, Handwerk, etc.	Ausarbeitung eines Konzepts für die Bereitstellung von „Desktop as a Service“-Angeboten für kleine Unternehmen, ggf. Gewinnung von Fördermitteln. Durchführung von Pilotvorhaben, breite Kommunikation, Präsentation auf Fachmessen und -kongressen	2010 - 2014	Hersteller, Systemhäuser, Kommunikation: Initiative Green Office Computing, BITKOM AK Thin Client & Server	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs und Mini-PCs	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 100.000 Geräte in 2020 Mini PCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
			Based Computing		50.000 Geräte in 2020	
Leuchtturmprojekt Engineering Arbeitsplätze	<p>Engineering Arbeitsplätze mit hohen Anforderungen (z.B. an die Graphikleistung) sind mit modernen Desktopvirtualisierungslösungen über TCs realisierbar. Leuchtturmprojekte könnten hier insbesondere bei großen Industrieunternehmen einen zusätzlichen Multiplikatoreffekt erreichen, da dann auch bei anderen Arbeitsplätzen TC-Lösungen eingesetzt werden.</p> <p>Serverzentralisierte Lösungen ohne direkten Datenaustausch bieten in der industriellen Zusammenarbeit mit Zulieferern große Datensicherheitsvorteile, so dass hier ein sehr breiter Einsatz möglich wäre (bislang sind hier TC-Lösungen die Ausnahme). Machbarkeit bei Engineeringarbeitsplätzen bringt großen Hebel bei allen anderen Büroarbeitsplätzen. Erste Leuchtturmprojekte laufen bereits an. Annahmen: ca. 3.000.000 Computerarbeitsplätze in der Industrie (verarbeitenden Gewerbe). 2013: 5.000 Engineering-Arbeitsplätze, 2020: 15.000 Engineering-Arbeitsplätze, (jeweils Hebel 20).</p>	2011-2012	Hersteller, Systemhäuser, Industrieunternehmen	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs	<p>Erhöht die Anzahl installierter TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario:</p> <p>TCs: um 100.000 Geräte in 2013 und um 300.000 Geräte in 2020</p>	Siehe „Maßnahmen“
Leuchtturmprojekt Wohnanlagen	Ausarbeitung eines Konzeptes für den Einsatz von TCs in Wohnanlagen, Gewinnung von Fördermitteln, Durchführung eines Pilotvorhabens, breite Kommunikation der Ergebnisse	2011 - 2014	Hersteller, Systemhäuser, Wissen-	indirekte Wirkung	Keine Quantifizierung möglich	Da private Wohnungen nicht zum Untersuchungsge-

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
			schaft, Wohnanlagenbetreiber, Kommunikation			gegenstand „arbeitsplatzbezogene Computerlösungen zählen, ist die Wirkung nur indirekt.
Leuchtturmprojekt Finanz	Aktualisierung der vorhandenen Daten zum Einsatz von TCs in Finanzinstituten, redaktionelle Aufbereitung, Durchführung von Fachveranstaltungen bzw. Auftritt auf Finanzmessen/-kongressen	2010/2011	Initiative Green Office Computing	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs	Erhöht die Anzahl installierter TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 20.000 Geräte in 2013 und um 100.000 Geräte in 2020	Aktuell hat ein bedeutendes deutsches Finanzinstitut ca. 150.000 TC im Einsatz. Auch wenn die Verbreitung von TC im Finanzbereich schon hoch ist, lassen sich hier durch entsprechende Kommunikation noch Potenziale heben.
Leuchtturmprojekt Schulverbünde	Ausarbeitung eines Konzeptes für den schulübergreifenden Einsatz (Schulverbünde) von Server Based Computing, ggf. Gewinnung von Fördermitteln, Durchführung eines Pilotvorhabens, Breite	2010 - 2012	Schulträger, Hersteller, System-	Marktanteil/ Bestandsanteil TCs /Mini PC	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl	Annahme: Die Zahl der Arbeitsplatzgeräte an Schulen

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	Kommunikation der Ergebnisse		häuser, Kommunikation: Initiative Green Office Computing	sin Schulen	installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: TCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 300.000 Geräte in 2020 Mini PCs: um 10.000 Geräte in 2013 und um 150.000 Geräte in 2020)	steigt bis 2020 insgesamt auf ca. 2 Mio. Durch Nachahmung der Leuchtturmprojekte steigt der TC- und Mini-PC-Anteil signifikant, d.h. ca. 50 % der neu zu schaffenden Arbeitsplätze sind TC oder Mini-PC.
Bildung und Qualifizierung						
Informations- und Schulungsveranstaltungen für Systemhäuser und Reseller „Zukunftsmarkt Green Office Computing“	Die Analysen im Rahmen des Roadmapping-Projektes haben gezeigt, dass viele, gerade kleinere Systemhäuser und Reseller noch nicht mit TC&SBC vertraut sind und/oder die Potenziale des TC&SBC nicht ausreichend kennen: Ausarbeitung eines Konzeptes für ein bundesweites, mehrjähriges Programm an Informations- und Schulungsveranstaltungen; in Kooperation mit IT-Veranstaltungsagenturen Möglicher Titel des Programms oder der Veran-	2010 – 2011 Planung 2011 – 2013 Umsetzung	Initiative „Green Office Computing“ Federführung ausgewählte Hersteller wie Igel, Futjitsu,	Marktanteil bzw. Bestandsanteil Mini-PCs, Notebooks, TCs	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-Szenario: Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte	50% der quantifizierbaren Wirkungen im Bereich „Bildung und Qualifizierung“. - Es wird von ca. 5 Veranstaltungen p.a. mit jeweils 80 Teilnehmern (TN) ausgegan-

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
	<p>staltungen „Zukunftsmarkt Green Office Computing: Mehrwert für Systemhäuser und Reseller“</p> <p>Umsetzung maßgeblich als regionale Veranstaltungen, z.B. in Kooperation mit regionalen IT-Initiativen und Agenturen wie z.B. „Digitales Niedersachsen“ oder „IT Hannover“</p>		Oracle		<p>Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte.</p> <p>TCs: in 2013 um 60.000 Geräte und in 2020 um 187.500 Geräte.</p>	<p>gen (400 TN p.a.). Annahme: die Hälfte der TN (= 200 TN) verkauft anschließend p.a. anstatt PCs, 200 Mini-PCs, Notebooks oder TCs.</p>
<p>Branchenbezogene Schulungsreihe „Einfacher, sicherer, kostengünstiger: Intelligente Office Computing-Lösungen“, Zielgruppe: IT-Entscheider aus KMUs und Kleinorganisationen</p>	<p>In kleinen Unternehmen und Organisationen gibt es in der Regel keine hauptamtlichen IT-Verantwortlichen, sondern Entscheider, die IT-Entscheidungen „nebenamtlich“ und ohne professionelles IT-Wissen treffen müssen.</p> <p>Ausarbeitung eines Konzeptes für ein bundesweites, mehrjähriges Programm an Informations- und Schulungsveranstaltungen; in Kooperation mit IT-Veranstaltungsagenturen.</p> <p>Möglicher Titel des Programms oder der Veranstaltungen „Einfacher, sicherer, kostengünstiger: Intelligente Office Computing-Lösungen“,</p> <p>Umsetzung als regionale Veranstaltungen, z.B. in Kooperation mit regionalen IT-Initiativen und Agenturen wie z.B. „Digitales Niedersachsen“ oder „IT Hannover“ sowie in Zusammenarbeit mit regionalen Systemhäusern und Resellern</p>	<p>2010 – 2011 Planung</p> <p>2011 – 2013 Umsetzung</p>	<p>Initiative „Green Office Computing“</p> <p>Federführung ausgewählte Hersteller wie Igel, Fujitsu, Oracle</p>	<p>Marktanteil bzw. Bestandsanteil Mini-PCs, Notebooks, TCs</p>	<p>Erhöht den Bestandsanteil gegenüber BAU bei:</p> <p>Mini-PCs: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte</p> <p>Notebooks: in 2013 um 30.000 Geräte und in 2020 um 150.000 Geräte.</p> <p>TCs: in 2013 um 60.000 Geräte) und in 2020 um 187.500 Geräte.</p>	<p>50% der quantifizierbaren Wirkungen im Bereich „Bildung und Qualifizierung“ -Es wird von ca. 15 Veranstaltungen p.a. mit jeweils 50 Teilnehmern (TN) ausgegangen (750 TN p.a.). Annahme: zwei Drittel der TN (= 500 TN) kaufen anschließend anstatt 20 PCs dann Mini-PCs,</p>

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
						Notebooks oder TCs (plus Multiplikator-Effekt, Mund-zu-Mund-Propaganda: x 3)
Aufnahme von TC&SBC und Green Computing in den universitären Bildungskanon (Informatik etc.)	<p>Konzepte und Möglichkeiten serverbasierter Office und Home Computing-Lösungen (TC&SBC etc.) sind bis dato kaum oder gar nicht im universitären Bildungskanon verankert. Es gilt daher in den kommenden Jahren diese Lücke zu schließen:</p> <p>Initiierung eines oder mehrerer Pilotvorhaben „Serverbasierte Computerlösungen“ und/oder „Green Office Computing“ zur Ausarbeitung von Konzepten und Materialien für die Verankerung der Themen in Informatik- und anderen relevanten Studiengängen</p> <p>Gespräche mit BMBF und zuständigen Einrichtungen zur Entwicklung von Hochschul-Curricula</p> <p>Eventuell Einrichtung eines Förderschwerpunktes „Bildungsoffensive Serverbasierte Computerlösungen / Green Computing“ beim BMBF</p>	<p>Initiierung von Förderschwerpunkt (2010-2011)</p> <p>Durchführung Pilotvorhaben (2011 – 2014)</p> <p>Transfer (2014 – 2020)</p>	Initiative Green Office Computing BMBF	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2015)	Keine Quantifizierung möglich	
Stiftungslehrstühle „Serverbasierte	Präzisierung der inhaltlichen Ausrichtung der Stiftungslehrstühle (Alleinstellungsmerkmal) und Klä-	Sondierung 2011 –	Initiative Green	Indirekte, langfristige	Keine Quantifizierung	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Computerlösungen“ und „Green Office and Home Computing“	Integration der disziplinären Einbettung; Sondierung und Suche von Stiftern; Sondierung und Suche von Hochschulen bzw. Fakultäten, die Interesse an einem Stiftungslehrstuhl haben (inkl. Ko-Finanzierung bzw. Langfristabsicherung)	2012 Einrichtung ab 2013	Office Computing BMBF	Wirkung (ab. ca. 2015)	möglich	
Aufnahme von TC&SBC und Green Computing in den Bildungskanon (Informatik-Unterricht etc.) in Schulen	<p>Konzepte und Möglichkeiten serverbasierter Office und Home Computing-Lösungen (TC&SBC etc.) sind bis dato kaum oder gar nicht im schulischen Bildungskanon verankert. Es gilt daher in den kommenden Jahren diese Lücke zu schließen:</p> <p>Initiierung eines oder mehrerer Pilotvorhaben „Serverbasierte Computerlösungen“ und/oder „Green Office Computing“ zur Ausarbeitung von Konzepten und Materialien für die Verankerung der Themen im Informatik-Unterricht allgemein bildender Schulen sowie Berufs- und Fachschulen</p> <p>Gespräche mit BMBF und zuständigen Einrichtungen der Bundesländer zur Entwicklung von Curricula</p> <p>Eventuell Einrichtung eines Förderschwerpunktes „Bildungsoffensive Serverbasierte Computerlösungen / Green Computing“ beim BMBF und/oder Landesministerien</p>	<p>Initiierung von Förderschwerpunkt (2010-2011)</p> <p>Durchführung Pilotvorhaben (2011 – 2014)</p> <p>Transfer (2014 – 2020)</p>	Initiative Green Office Computing BMBF	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2015)	Keine Quantifizierung möglich	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
Informations- und Bildungsangebot „Green Computing Kids“ für Schulen	Neben der Verankerung von Themen wie serverbasierte Computerlösungen und Green Computing im Informatik-Unterricht soll ein Informationsangebot für Schulen geschaffen werden, bei der diese für einzelne Stunden oder Halb-/Tagesveranstaltungen IT-/Green IT-Experten kostenlos in den Schulen einladen können. Die Experten referieren über neueste Lösungen, zeigen diese und lassen diese von den Kids erproben.	Ausarbeitung Konzept (2011) Umsetzung ab 2011	Initiative Green Office Computing BMBF	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2012)	Keine Quantifizierung möglich	
Gewerkschaften, Betriebs-, Personalräte	Ziel: Erhöhung der Akzeptanz bei den Arbeitnehmern					
Studie zu Auswirkungen und Akzeptanz serverbasierter Arbeitsplatz-Computer-Lösungen	Literaturrecherche zur IT-Technikakzeptanz generell, Fallstudien in 10 Unternehmen, die TC-SBC u.ä. einführen bzw. eingeführt haben, Befragungen von IT-Leitungen und Arbeitnehmervertretungen	2011	Borderstep in Kooperation mit der Stiftung Arbeit & Umwelt, Förderung durch Hans Böckler Stiftung	Indirekte, langfristige Wirkung (ab. ca. 2012)	Keine Quantifizierung möglich	
Entwicklung einer Muster-Betriebsvereinbarungen zu serverba-	Aufbauend auf der Studie erfolgt die Ableitung von Konsequenzen auf Technologiegestaltung und Migrationsorganisation, Dokumentation in Form einer Musterbetriebsvereinbarung, Transfer	2011	Borderstep in Kooperation mit der Stiftung	Marktanteil SBC und HVD/ Bestandsan-	Erhöht den TC-Bestand in 2013 um 15.000 und in 2020 um 60.000. In gleichem Umfang verringert	Siehe „Maßnahmen“

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
sierten APC-Lösungen und Verbreitung von Ergebnissen der Studie	Durch die Veröffentlichung einer solchen Mustervereinbarung wird das Thema a) von einer ganz neuen Seite in die Unternehmen getragen b) bei den Arbeitnehmern potenzielle Hemmnisse abgebaut		Arbeit & Umwelt, Förderung durch Hans Böckler Stiftung	teil TCs	sich die Anzahl installierter PCs	
Dialoge mit Gewerkschaften, Technologieberatungsstellen, Betriebs- und Personalräten	Darstellung der Musterbetriebsvereinbarung auf 5 Konferenzen, 2 Zeitschriftenbeiträge jährlich, Initiierung von Folgeprojekten Da TC neben den ökologischen auch deutliche ergonomische Vorteile (geräuschlos, drastisch weniger Abwärme etc.) mitbringen ist dies ebenfalls ein wirkungsvoller Ansatz	Ab 2012	Green-IT-Allianz BMAS BMW i	Marktanteil SBC und HVD/ Bestandsanteil TCs	Erhöht den TC-Bestand in 2020 um 60.000. In gleichem Umfang verringert sich die Anzahl installierter PCs.	Siehe „Maßnahmen“
Technologieentwicklung und Standards						
Forschung und Entwicklung (F&E) zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von TCs	Beschleunigung der Serieneinführung neuer energie- und materialsparender Komponenten in neue TC-Generationen	Ab 2010	Hersteller und Importeure	Reduzierung der Leistungsaufnahme und des Gewichts neuer TCs	Reduzierung der Leistungsaufnahme neuer TCs um 0,2W pro Jahr und des Gewichtes um 20g pro Jahr	Die Produktzyklen hängen von externen Faktoren ab. Auf diverse wichtige Bauteile bezogene Faktoren haben Hersteller kaum Einfluss “

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
High-Performance Server und High-Performance-Bandbreite für Engineering- und Grafik-Anwender	Erzielung der Serienreife für High-Performance Gesamtlösungen für TC-Engineering- und Medienanwendungen u.ä. auf SBC- oder HVD-Basis Es gibt weiterhin einen hohen Bedarf an der zentralen Bereitstellung von Engineering Arbeitsplätzen. Dies ist erst jetzt effizient möglich. Dieser Arbeitsplatztyp bei entsprechenden Industriezweigen ist der wesentliche IT-Treiber. Insofern dieser zentral bereitgestellt werden kann und wird, ist eine Zentralisierung aller Office IT-Arbeitsplätze nur noch eine Frage der Zeit. Ergo haben diese Maßnahmen einen Effekt auf einen zusätzlichen SBC-Anwendungsbereich.	Ab 2011	Server-Hersteller, TC-Hersteller, Systemhäuser	Marktanteil SBC und HVD/ Bestandsanteil TCs	Erhöht TC-Bestand in 2013 um 15.000 und in 2020 um 60.000 (ersetzen PCs)	Bandbreite ist in dieser Fragestellung aber tatsächlich immer noch ein Thema bei mittelständischen Engineeringunternehmen und in ländlichen Regionen.
Entwicklung von Softwarelösungen zur Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server im SBC, HVD und SaaS	Verbesserung der Performance von Betriebssystemen und Virtualisierungssoftware Erweiterung und Verbesserung von Managementsoftware für Kapazitätsmanagement und für die dynamische Bereitstellung von Ressourcen	Ab 2011	Hersteller von Betriebssystemen und Virtualisierungssoftware, Open-Source-Communities, Hochschulen	Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server	Steigerung des Verhältnisses von Clients pro Server im SBC, HVD und SaaS von heute durchschnittlich 50 (SBC), 50 (SaaS) bzw. 25 (HVD) auf 450 (SBC), 150 (HVD), bzw. 300 (SaaS) in 2020. Das Verhältnis von Clients zu Server ist damit im Jahr 2020 um einen Faktor 3 besser als im BAU-Szenario.	Dies verbessert die Total Cost of Ownersip (TCO) deutlich und hilft damit den Unternehmen bei der Einführung
Steigerung der Energie- und Mate-	Vermehrter Transfer von Komponenten und Erfahrungen aus dem Notebookbau auf Server nach	Ab 2010	Hersteller von Ser-	Reduzierung der	Server: Reduzierung des Jahresenergieverbrauchs	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
rialeffizienz von Servern	dem Vorbild des Mini-PCs Das Vorbild von Mini-PC (25 Watt) und Servern aus Notebookteilen (Christmann 35 Watt, Apple 18 Watt) zeigen den Weg und den Zusammenhang von Gewicht und Stromverbrauch.		vern	Leistungsaufnahme (LA) und des Gewichtes (G) neuer Server	von Servern um 4% p.a. und des Gewichts um 3% p.a.	
Der Staat als IT-Anwender und Förderer						
Green Office Computing-Lösungen als Element der IKT-Strategie der Bundesregierung	Aufnahme der gezielten Förderung energie- und materialeffizienter Office-Computing-Lösungen (Mini-PCs, TC&SBC, Notebooks) in die IKT-Strategie der Bundesregierung	2010	BMWi, BMU und UBA	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	Agenda Setting und Verbesserung der Rahmenbedingungen bzgl. Green Office Computing
Aufnahme von Green Office Computing-Lösungen in den Green IT Aktionsplan der Bundesregierung	Aufnahme der gezielten Förderung energie- und materialeffizienter Office-Computing-Lösungen (Mini-PCs, TC&SBC, Notebooks) in den Green IT Aktionsplan der Bundesregierung (Federführung BMWi)	2010	BMWi, BMU und UBA	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	Agenda Setting und Verbesserung der Rahmenbedingungen bzgl. Green Office Computing
Bekanntmachung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ bei Bundes-, Landes- und Kom-	Ausarbeitung einer Vortrags- und Informationsreihe zur Vorstellung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ in Kooperation mit den zuständigen IT-Gremien (Rat der IT-Beauftragten etc.) auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene, Umsetzung der Vortrags und	2010 - 2011	Umweltbundesamt und BMU	Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installierter PCs gegenüber BAU-	Die Wirkung (höhere Bereitschaft bei IT-Entscheidern, sich für Mini-PCs, TCs und Notebooks zu

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
municipalbehörden	Informationsreihe			Jahresstromverbrauch pro Computerendgerät in der Nutzungsphase	<p>Szenario bei Behörden:</p> <p>Mini-PC: in 2013 um 7.500 Geräte (bei Behörden) und in 2020 um 18.750 Geräte</p> <p>Notebooks: in 2013 um 7.500 Geräte (bei Behörden) und in 2020 um 18.750 Geräte</p> <p>TC : in 2013 um 7.500 Geräte (bei Behörden) und in 2020 um 37.500 Geräte</p>	entscheiden) entfaltet sich in 2011 – 2013; anschließend (2014- 2020) Wirkung durch daraus resultierende Lerneffekte
Bekanntmachung der Roadmap „Ressourceneffiziente Arbeitsplatz-Computerlösungen 2020“ bei Bundestag, Landesparlamenten und Kommunalvertretungen	Zusendung der Roadmap „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“ an für IT-Fragen zuständige Abgeordnete und Ausschüsse des Deutschen Bundestages sowie der Länderparlamente sowie Verantwortlichen auf kommunaler Ebene	2010 - 2011	Umweltbundesamt und BMU	Indirekte Wirkung, Agenda Setting und Verbesserung des Kenntnisstandes bzgl. Green Office Computing	Nicht quantifizierbar	
Anpassung von Beschaffungsrichtlinien und Rahmenverträgen der öffentlichen Beschaffung	z.B. Veränderung APC-Rahmenvertrag bei Zentrum für Informationsverarbeitung und Informationstechnik (ZIVIT) usw.	2010 - 2012	Projektgruppe „Green IT“ beim Rat der IT-Beauftrag-	Bestandsanteil TCs, Mini-PCs, Notebooks	Erhöht die Anzahl installierter Mini-PCs, Notebooks und TCs und verringert in gleichem Umfang die Anzahl installier-	Relativ starke Wirkung; die Schaffung geeigneter Rahmenverträge für APCs wurden

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
			ten, Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt		ter PCs gegenüber BAU-Szenario bei Behörden: Mini-PCs: in 2013 um 15.000, in 2020 um 37.500 Geräte Notebooks: in 2013 um 15.000 und in 2020 um 37.500 Geräte TCs: in 2013 um 15.000 Geräte und in 2020 um 75.000 Geräte	bei der Befragung der Bundesbehörden in 2009 als eine zentrale Voraussetzung für den Einsatz von TCs genannt.
Blauer Engel für Thin Clients und Mini-PCs	Erarbeitung einer Vergabegrundlage für „Thin clients“ sowie „Mini-PCs“, Aufnahme dieser Produktgruppen in die Vergabe des Umweltzeichens	2011 - 2012	BMU, UBA, Jury Umweltzeichen, RAL	Indirekte, eher geringe Wirkung	Nicht quantifizierbar	Verbesserte die Sichtbarkeit der Energie- und Materialeffizienz von Mini-PCs und TCs
Grundlagenstudie zur Auswirkung von Anwendungs-Software auf den Energieverbrauch von IT	Beauftragung und Durchführung einer Studie, die den Zusammenhang zwischen Softwarearchitektur, energiesparender Programmierung und Energieverbrauch der Anwendung nachweist	Ab 2011	Umweltbundesamt	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	
Innovationsallianz „Green Office Computing“	Initiierung einer Innovationsallianz und eines neuen Förderschwerpunktes „Green Office Computing“ mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	Initiierung: 2011 Umsetzung: 2012	Green IT Allianz Wissenschaftsfo-	Jahresstromverbrauch von Computer-	Reduzierung des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauch von Computerendgeräten in 2020 um: PC (5 kWh),	Wirkung erst ab 2016, da die entwickelten energie- und materialeffizien-

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
		- 2015	rum Green IT BMBF	endgeräten	Mini-PC (3 kWh), Notebook (2 kWh) und Thin Clients (1 kWh)	ter Lösungen erst ab 2016 in den Markt kommen.
Innovationsallianz „Energiesparende Anwendungs-Software“	Initiierung einer Innovationsallianz und eines neuen Förderschwerpunktes „Energiesparende Software“ mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zur Förderung der Entwicklung und Diffusion energiesparender Anwendungs-Software; Dialog und Stakeholderprozess mit führenden Softwareanbietern, Transfer von Ergebnissen der Studie: Konferenzen, Zeitschriftenbeiträge etc. je nach Ergebnis der Studie.	Initiierung: 2011 Umsetzung: 2012 - 2015	Green IT Allianz Wissenschaftsforum Green IT BMBF	Reduzierung des Ressourcenbedarfs (Energie und Material) von Computerendgeräten aller Art	Steigerung der Energieeffizienz von Computerendgeräten ab 2012 um 2% p.a. bis 2020	Die Arbeiten der AG 3 „Software“ der Green IT-Allianz sind zu berücksichtigen.
Green Office Computing-Lösungen als kontinuierlicher Schwerpunkt im Förderschwerpunkt „IT goes green“ des BMU	Green Office Computing-Lösungen sollen ein Fokus im Förderschwerpunkt „IT goes green“ im Umweltinnovationsprogramm des BMU werden und langfristig bleiben	2010 - 2020	BMU und UBA	Indirekte Wirkung	Nicht quantifizierbar	Leuchtturmprojekte erhöhen die Sichtbarkeit innovativer Green Office Computing-Lösungen;
Förderung der Diffusion von Mini-PCs	Transferaktivitäten zur Förderung der Bekanntheit und Verfügbarkeit von Mini-PCs für Office-Anwendungen	Ab 2010	Hersteller von Mini-PCs, BMU	Marktanteil Mini-PC/ Bestandsanteil Mini-PC	Erhöht Bestandsanteil von Mini-PCs in 2013 um 40.000 und in 2020 um 200.000 zulasten des PCs	
Maßnahmen zur Steigerung der durchschnittlichen Hardwareeffizienz	Erstellung einer Roadmap zu effizienten Server- und Storagetechnologien in Rechenzentren	Ab 2010	Hersteller, BMU, BMWi, BITKOM	Energie- und Materialbedarf von Re-	Noch nicht vorhersehbar.	

Roadmapping-Maßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Zeitraum / -punkt der Realisierung	Zuständig für Umsetzung	Auf welche Faktoren wirkt die Maßnahme?	In welchem Umfang wirkt die Maßnahme? Veränderung gegenüber BAU-Szenario	Erläuterung der Wirkungsannahme
von Rechenzentren			AK Rechenzentrum & Infrastruktur	Rechenzentren		
Maßnahmen zur Steigerung des durchschnittlichen PUE von Rechenzentren in Deutschland	Erstellung einer Roadmap zu effizienten Infrastrukturtechnologien in Rechenzentren	Ab2010	Hersteller, BMU, BMWi, BITKOM AK Rechenzentrum & Infrastruktur	Energie- und Materialbedarf von Rechenzentren	Steigerung des durchschnittlichen PUE von Rechenzentren in Deutschland von heute 1,9, auf 1,6 in 2013 und auf 1,3 in 2020	

15 Anhang: Berechnungstabelle BAU-Szenario

	Basisjahr 2010					BAU 2013					BAU 2020				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
Bestand an Computereingangsgeräten	A														
Anzahl Geräte in 1000 Stück	13.000	300	11.000	2.200	26.500	12.610	1.030	13.450	2.910	30.000	11.650	2.500	17.450	5.900	37.500
Auslastungsstruktur in Prozent	49,1	1,1	41,5	5,3	100,0	42,0	3,4	44,8	9,7	100,0	31,07	6,67	46,53	15,73	100,00
Form der Softwarebereitstellung															
Anteil Nutzung lokaler Software	90%	90%	90%	0%		55%	55%	55%	0%		25%	25%	25%	0%	
Anteil SBC	4%	4%	4%	90%		20%	20%	20%	70%		20%	20%	20%	50%	
Anteil HVD	4%	4%	4%	10%		20%	20%	20%	20%		40%	40%	40%	30%	
Anteil SaaS	2%	2%	2%	0%		5%	5%	5%	10%		15%	15%	15%	20%	
Energieverbrauch															
Jahresstromverbrauch pro Computereingangsgerät p.a. in kWh (ohne Monitor etc.) in der Nutzungsphase	201	74	65	43		171	70	60	36		145	63	53	27	
In Prozent von 2010						85%	95%	92%	85%		72%	85%	82%	64%	
Energieaufwand Nutzung Endgeräte (KEA)	549	202	177	117		447	184	157	95		341	147	126	64	
Jahresstromverbrauch aller Endgeräte in GWh	2.610	22	713	94	3.439	2.151	72	805	105	3.133	1.691	157	933	160	2.940
Herstellungsenergie (KEA) für Endgerät in kWh	584	285	340	141		548	242	293	122		511	213	262	103	
Nutzungsdauer in Jahren	5	5	4	8		5	5	4	8		5	5	4	8	
Herstellungsenergie pro Nutzungsphase in kWh (KEA)	117	57	85	18		110	48	73	15		102	43	66	13	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Gerät p.a. in kWh (KEA)	666	259	262	135		556	233	230	110		443	190	191	77	
Herstellungs- und Nutzungsenergie aller Geräte in GWh (KEA)	8.659	78	2.886	296	11.918	7.016	240	3.094	320	10.670	5.162	475	3.336	453	9.425
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SBC	50	50	50	50		80	80	80	80		150	150	150	150	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei HVD	25	25	25	25		32,5	32,5	32,5	32,5		50	50	50	50	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SaaS	50	50	50	50		65	65	65	65		100	100	100	100	
Stromverbrauch Terminalserver p.a. in kWh	1984	1984	1984	1984		1883	1883	1883	1883		1475	1475	1475	1475	
PIUE Serverraum / Rechenzentrum	2	2	2	2		1,9	1,9	1,9	1,9		1,7	1,7	1,7	1,7	
Stromverbrauch pro Terminalserver zzgl. Infrastruktur p.a. in kWh	3.968	3.968	3.968	3.968		3.577	3.577	3.577	3.577		2.508	2.508	2.508	2.508	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP	11,11	11,11	11,11	87,31		33,71	33,71	33,71	58,81		27,17	27,17	27,17	28,42	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh	144	3	122	192		425	35	453	171		316	68	474	168	
Energieaufwand Nutzung Server (KEA)	10.858	10.858	10.858	10.858		9.372	9.372	9.372	9.372		5.891	5.891	5.891	5.891	
Herstellungsenergie pro Terminalserver in kWh (KEA)	1.825	1.825	1.825	1.825		1.825	1.825	1.825	1.825		1.825	1.825	1.825	1.825	
Nutzungsdauer Terminalserver in Jahren	4	4	4	4		4,3	4,3	4,3	4,3		5	5	5	5	
Herstellungsenergie Terminalserver pro Jahr in kWh (KEA)	456	456	456	456		424	424	424	424		365	365	365	365	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Terminalserver p.a. in kWh (KEA)	11.314	11.314	11.314	11.314		9.796	9.796	9.796	9.796		6.256	6.256	6.256	6.256	
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP (KEA)	32	32	32	249		92	92	92	161		68	68	68	71	
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh (KEA)	412	10	348	548	1.317	1.164	95	1.242	469	2.969	790	169	1.183	418	2.560
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh (KEA)	698	291	294	384	499	649	325	322	271	455	511	258	259	148	320
Herstellungs- und Nutzungsenergie für alle Geräte p.a. in GWh	9.071	87	3.234	844	13.236	8.180	335	4.336	789	13.639	5.951	644	4.519	871	11.985
Stromverbrauch gesamt pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh	212	85	76	130	147	204	104	94	95	141	172	90	81	56	106
Stromverbrauch für alle Geräte p.a. in GWh	2.754	26	836	286	3.902	2.576	107	1.258	276	4.217	2.007	225	1.407	328	3.967
										108,05%					101,67%
Materialeinsatz															
Produktgewicht Gerät in kg	8	2	2,2	1,5		7,5	1,7	1,9	1,3		7	1,5	1,7	1,1	
Gewicht Dockingstation Notebook (Nutzung bei 50% der Notebooks)			0,4					0,4					0,3		
Produktgewicht gesamt in kg	8	2	2,4	1,5		7,5	1,7	2,1	1,3		7	1,5	1,85	1,1	
Anteil Elektronikkomponenten	11%	30%	28%	22%		15%	28%	28%	23%		20%	25%	28%	25%	
Anteil Kunststoffe	4%	30%	28%	10%		6%	30%	28%	14%		10%	30%	28%	20%	
Anteil Metalleile	67%	25%	22%	55%		60%	27%	22%	48%		50%	30%	22%	35%	
Anteil Netzteil	18%	15%	8%	13%		19%	15%	8%	15%		20%	15%	8%	20%	
Gewicht aller Endgeräte in t	104.000	600	26.400	3.300	134.300	94.575	1.751	28.245	3.783	128.354	81.550	3.750	32.283	6.490	124.073
Gewicht Elektronikkomponenten in t	11.440	180	7.392	725	19.738	14.185	490	7.908	870	23.455	16.310	338	9.039	1.623	27.908
Gewicht Kunststoffe in t	4.160	180	7.392	330	12.062	5.675	525	7.908	830	14.638	8.155	1.125	9.039	1.298	19.617
Gewicht Metalleile in t	69.880	150	5.808	1.815	77.453	56.745	473	6.214	1.816	65.248	40.775	1.125	7.102	2.272	51.274
Gewicht Netzteile in t	18.720	90	2.112	429	21.351	17.969	263	2.260	567	21.059	16.310	563	2.583	1.298	20.753
Produktgewicht Server in kg	25	25	25	25		25	25	25	25		25	25	25	25	
Anteil Elektronikkomponenten Server	30%	30%	30%	30%		35%	35%	35%	35%		40%	40%	40%	40%	
Anzahl aller benötigter Terminalserver p.a.	36.400	840	30.800	48.400	116.440	118.825	9.706	126.740	47.847	303.118	126.208	27.083	189.042	66.867	409.200
Gewicht aller benötigter Terminalserver p.a. in t	910	21	770	1.210	2.911	2.971	243	3.169	1.196	7.578	3.155	677	4.726	1.672	10.230
Gewicht Elektronikkomponenten aller benötigter Terminalserver in t	273	6	231	363		1.040	85	1.109	419		1.262	271	1.890	669	
Gewicht aller Endgeräte und Server in t	104.910	621	27.170	4.510	137.211	97.546	1.994	31.414	4.979	135.932	84.705	4.427	37.009	8.162	134.303
Reduktion zwischen 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent										99,1%					97,9%
Gewicht Endgerät Serveranteil und Infrastruktur pro Arbeitsplatz in kg	8,07	2,07	2,47	2,05	5,18	7,74	1,94	2,34	1,71	4,53	7,27	1,77	2,12	1,38	3,58
Umweltwirkungskategorien															
CO2-Emissionsfaktor dt. Strommix g/kWh	580	580	580	580	580	550	550	550	550	550	480	480	480	480	480
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. pro Computerarbeitsplatz in kg	122,9	49,4	44,1	75,4	85,4	112,3	57,2	51,4	52,2	77,3	82,7	43,1	38,7	26,7	50,8
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. in t	1.597.444	14.809	484.653	165.981	2.262.888	1.416.643	58.920	691.902	152.025	2.319.490	963.383	107.769	675.345	157.481	1.903.978
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO2 äq. p.a. in 1000 t	1.597	15	485	166	2.263	1.417	59	692	152	2.319	963	108	675	157	1.904
Reduktion zwischen 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent										102,5%					84,1%

16 Anhang: Berechnungstabelle Green IT-Szenario

	Basisjahr 2010					Green IT 2013					Green IT 2020				
	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt	PC	Mini-PC	Notebook	TC	Gesamt
Bestand an Computerendgeräten															
Anzahl Geräte in 1000 Stück	13.000	300	11.000	2.200	26.500	11.553	1.318	13.648	3.483	30.000	5.629	4.428	18.568	8.876	37.500
Ausstattungsstruktur in Prozent	49,1	1,1	41,5	8,3	100,0	38,5	4,4	45,5	11,6	100,0	15,01	11,81	49,51	23,67	100,00
Form der Softwarebereitstellung															
Anteil Nutzung lokaler Software	90%	90%	90%	0%		55%	55%	55%	0%		25%	25%	25%	0%	
Anteil SBC	4%	4%	4%	90%		20%	20%	20%	70%		20%	20%	20%	50%	
Anteil HVD	4%	4%	4%	10%		20%	20%	20%	20%		40%	40%	40%	20%	
Anteil SaaS	2%	2%	2%	0%		5%	5%	5%	10%		15%	15%	15%	20%	
Energieverbrauch															
Jahresstromverbrauch pro Computerendgerät p.a. in kWh (ohne Monitor etc.) in der Nutzungsphase	201	74	65	43		169	69	59	35		121	51	43	22	
In Prozent von 2010						84%	93%	91%	82%		60%	69%	67%	50%	
Energieaufwand Nutzung Endgeräte (KEA)	549	202	177	117		444	181	154	92		284	119	102	51	
Jahresstromverbrauch aller Endgeräte in GWh	2.610	22	713	94	3.439	1.958	91	804	122	2.975	681	224	806	191	1.902
Herstellungsenergie (KEA) für Endgerät in kWh	584	285	340	141		548	242	293	116		511	213	262	84	
Nutzungsdauer in Jahren	5	5	4	8		5	5	4	8		5	5	4	8	
Herstellungsenergie pro Nutzungsjahr in kWh (KEA)	117	57	85	18		110	48	73	15		102	43	66	11	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Gerät p.a. in kWh (KEA)	666	259	262	135		554	229	228	106		386	162	168	61	
Herstellungs- und Nutzungsenergie aller Geräte in GWh (KEA)	8.659	78	2.886	296	11.918	6.395	302	3.106	370	10.174	2.175	716	3.110	543	6.545
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SBC	50	50	50	50		150	150	150	150		450	450	450	450	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei HVD	25	25	25	25		50	50	50	50		150	150	150	150	
Anzahl Clients pro physischem Terminalserver bei SaaS	50	50	50	50		100	100	100	100		300	300	300	300	
Stromverbrauch Terminalserver p.a. in kWh	1984	1984	1984	1984		1756	1756	1756	1756		1319	1319	1319	1319	
PUE Serverraum / Rechenzentrum	2	2	2	2		1,6	1,6	1,6	1,6		1,3	1,3	1,3	1,3	
Stromverbrauch pro Terminalserver zzgl. Infrastruktur p.a. in kWh	3.968	3.968	3.968	3.968		2.809	2.809	2.809	2.809		1.715	1.715	1.715	1.715	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP	11,11	11,11	11,11	87,31		16,38	16,38	16,38	27,15		6,19	6,19	6,19	6,48	
Stromverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh	144	3	122	192		189	22	224	95		35	27	115	58	
Energieaufwand Nutzung Server (KEA)	10.858	10.858	10.858	10.858		7.359	7.359	7.359	7.359		4.028	4.028	4.028	4.028	
Herstellungsenergie pro Terminalserver in kWh (KEA)	1.825	1.825	1.825	1.825		1.666	1.666	1.666	1.666		1.346	1.346	1.346	1.346	
Nutzungsdauer Terminalserver in Jahren	4	4	4	4		4,3	4,3	4,3	4,3		5	5	5	5	
Herstellungsenergie Terminalserver pro Jahr in kWh (KEA)	456	456	456	456		387	387	387	387		269	269	269	269	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Terminalserver p.a. in kWh (KEA)	11.314	11.314	11.314	11.314		7.747	7.747	7.747	7.747		4.298	4.298	4.298	4.298	
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen p.a. in kWh pro CAP (KEA)	32	32	32	249		45	45	45	75		16	16	16	16	
Energieverbrauch gesamt durch Nutzung zentraler IT-Ressourcen aller Geräte in GWh (KEA)	412	10	348	548	1.317	522	60	617	261		87	69	288	144	
Herstellungs- und Nutzungsenergie pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh (KEA)	698	291	294	384	499	599	275	273	181	388	402	177	183	77	190
Herstellungs- und Nutzungsenergie für alle Geräte p.a. in GWh	9.071	87	3.234	844	13.236	6.917	362	3.723	631	11.633	2.282	785	3.399	687	7.133
Stromverbrauch gesamt pro Computerarbeitsplatz p.a. in kWh	212	85	76	130	147	186	85	75	62	117	127	57	50	28	57
Stromverbrauch für alle Geräte p.a. in GWh	2.754	26	836	286	3.902	2.147	113	1.027	216	3.504	716	252	921	249	2.137
										87,89%					53,89%
Materialeinsatz															
Produktgewicht Gerät in kg	8	2	2,2	1,5		7,5	1,7	1,9	1,24		6	1,5	1,7	0,9	
Gewicht Dockingstation Notebook (Nutzung bei 50% der Notebooks)			0,4					0,4					0,3		
Produktgewicht gesamt in kg	8	2	2,4	1,5		7,5	1,7	2,1	1,24		6	1,5	1,85	0,9	
Anteil Elektronikkomponenten	11%	30%	28%	22%		15%	28%	28%	23%		20%	25%	28%	25%	
Anteil Kunststoffe	4%	30%	28%	10%		6%	30%	28%	14%		10%	30%	28%	20%	
Anteil Metalleile	67%	25%	22%	55%		60%	27%	22%	48%		50%	30%	22%	35%	
Anteil Netzteil	18%	15%	8%	13%		19%	15%	8%	15%		20%	15%	8%	20%	
Gewicht aller Endgeräte in t	104.000	600	26.400	3.300	134.300	86.644	2.240	28.660	4.318	121.862	33.774	6.641	34.350	7.988	82.754
Gewicht Elektronikkomponenten in t	11.440	180	7.392	726	19.738	12.997	627	8.025	993	22.642	6.755	1.660	9.618	1.997	20.030
Gewicht Kunststoffe in t	4.160	180	7.392	330	12.062	5.199	672	8.025	605	14.500	3.377	1.992	9.618	1.598	16.585
Gewicht Metalleile in t	69.680	150	5.808	1.815	77.453	51.986	805	6.305	2.073	60.969	16.887	1.992	7.557	2.796	29.232
Gewicht Netzteile in t	18.720	90	2.112	429	21.351	16.462	336	2.293	648	19.739	6.755	996	2.748	1.598	12.097
Produktgewicht Server in kg	25	25	25	25		22,82	22,82	22,82	22,82		18,44	18,44	18,44	18,44	
Anteil Elektronikkomponenten Server	30%	30%	30%	30%		35%	35%	35%	35%		40%	40%	40%	40%	
Anzahl aller benötigter Terminalserver p.a.	36.400	840	30.800	48.400	116.440	67.390	7.685	79.610	33.664	188.350	20.327	15.988	67.049	33.532	136.896
Gewicht aller benötigter Terminalserver p.a. in t	910	21	770	1.210	2.911	1.538	175	1.816	768	4.298	375	295	1.236	618	2.524
Gewicht Elektronikkomponenten aller benötigter Terminalserver in t	273	6	231	363		538	61	636	269		150	118	494	247	
Gewicht aller Endgeräte und Server in t	104.910	621	27.170	4.510	137.211	88.181	2.415	30.476	5.086	126.159	34.149	6.936	35.586	8.607	85.277
Reduktion zwischen 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent															
Gewicht Endgerät, Serveranteil und Infrastruktur pro Arbeitsplatz in kg	8,07	2,07	2,47	2,05	5,18	7,63	1,83	2,23	1,46	4,21	6,07	1,57	1,92	0,97	2,27
Umweltwirkungskategorien															
CO ₂ -Emissionsfaktor dt. Strommix g/kWh	580	580	580	580	580	550	550	550	550	550	480	480	480	480	480
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. pro Computerarbeitsplatz in kg	122,9	49,4	44,1	75,4	85,4	102,2	47,0	41,4	34,2	64,2	61,0	27,3	23,8	13,5	27,4
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. in t	1.597.444	14.809	484.653	165.981	2.262.888	1.181.075	61.940	564.982	119.030	1.927.027	343.567	120.899	441.902	119.488	1.025.866
Treibhausgaspotenzial durch Stromverbrauch in CO ₂ äq. p.a. in 1000 t	1.597	15	485	166	2.263	1.181	62	565	119	1.927	344	121	442	119	1.026
Reduktion zwischen 2010 u. 2013 bzw. 2020 in Prozent										85,2%					45,3%

17 Literatur und Datenquellen

- Clausen, J. (2009): Technologische, marktbezogene und politische Trends mit Einfluss auf die Entwicklung des Thin Client & Server Based Computing, Arbeitspapier im Rahmen „Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“, Berlin.
- Clausen, J.; Fichter, K. (2010): Optionen des ressourceneffizienten Computereinsatzes in kleinen Dienstleistungsunternehmen, Sektorstudie im Rahmen „Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“, Berlin.
- Clausen, J.; Fichter, K. (2009): Ressourceneffiziente IT in Schulen. Optionen des energie- und materialeffizienten Einsatzes von Informationstechnik. Ratgeber herausgegeben vom Umweltbundesamt. Online unter www.uba.de. Auch publiziert als: Clausen, J.; Fichter, K. (2010): Ressourceneffiziente IT in Schulen. Optionen des energie- und materialeffizienten Einsatzes von Informationstechnik. MaRes Paper 9.1. Online unter <http://ressourcen.wupperinst.org>.
- Clausen, J.; Fichter, K.; Hintemann, R. (2009): Hemmnisse der Umsetzung des Thin Client & Server Based Computing, Eine Zusammenfassung bisheriger Erkenntnisse aus dem MaRes-Roadmapping-Projekt „Thin Client & Server Based Computing“, Berlin, Stand: 11.09.2009.
- Clausen, J.; Fichter, K.; Hintemann, R. (2010): Ökologische Bewertung des Thin Client & Server Based Computing Borderstep Diskussionspapier. Berlin. Online unter www.borderstep.de.
- Cremer, C. et al. (2003): Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen, Projektnummer 28/01, Kurzfassung des Abschlussberichts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Karlsruhe/Zürich, Januar 2003.
- eco – Verband der deutschen Internetwirtschaft e.V. (2009): Bestandsaufnahme effiziente Rechenzentren in Deutschland.
- Economist Intelligence Unit (2007): Best practice in risk management. A function comes of age. A report from the Economist Intelligence Unit. (online) www.eiu.com (3.11.2009).
- Jönbrink, Anna Karin: EuP Lot 3 Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors, IVF Industrial Research and Development Corporation, European Commission DG TREN, August 2007.
- EWI/EEFA Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Energy Environment Forecast Analysis GmbH (2008), Energiewirtschaftliches Gesamtkonzept 2030, http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user/Gutachten/Energiewirtschaftliches_Gesamtkonzept_2030.pdf (letzter Download: 26.10.2010).
- Fichter, K. (2010): Ergebnisse einer Befragung von Bundesbehörden zum Thema Thin Client & Server Based Computing, Foliensatz im Rahmen „Roadmapping-Projektes „Thin Client & Server Based Computing: Entwicklung von Leitmärkten für ressourceneffiziente IKT-Nutzung“, Berlin, Stand: August 2010.
- Fichter, K.; Clausen, J. (2008a): Diskussionspapier „Ressourceneffizienzpotenzial Thin Client & Server Based Computing. Eine Potenzialanalyse als Grundlage für die Auswahl von Leitmärkten der Ressourceneffizienz in AP9 des MaRes-Vorhabens, Berlin, 01.07.2008.

- Fichter, K.; Clausen, J. (2008b) Computerausstattung nach Marktsegmenten 2007 und Potenziale für Thin Clients bis 2015, Arbeitspapier vom 11.09.2008, Berlin.
- Fichter, K.; Clausen, C.; Eimertenbrink, M.; herausgegeben vom BMU (2009): Energieeffiziente Rechenzentren - Best-Practice Beispiele aus Europa, USA und Asien, 2. Auflage Berlin.
- Fichter, Klaus; Beucker, Severin; Clausen, Jens; Hintemann, Ralph (2009): Vorstudie für IKT-bezogene Förderungen im ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm sowie im UIP-Förderschwerpunkt „IT goes green“. Unveröffentlichte Studie für das Green IT Beratungsbüro bei BITKOM, Berlin.
- Fichter, K.; Clausen, J.; Hintemann, R. (2010): Szenarien „Arbeitsplatzbezogene Computerlösungen 2020“, Arbeitspapier im Rahmen von AP 9 Roadmap-Dialoge des Vorhabens „Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRes)“, Berlin.
- Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Kooperation mit Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung (ISI) (2009): Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin, Karlsruhe, Dezember 2008.
- Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT (2008): Ökologischer Vergleich der Klimarelevanz von PC und Thin Client Arbeitsplatzgeräten 2008, Oberhausen.
- Hintemann, R.; Fichter, K. (2010): Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.
- IDC (2009a): IDC EMEA Thin Client Tracker Q2, August 2009.
- IDC (2009b): IDC Q2 2009 Enterprise Thin Client Q-View, September 2009.
- Knermann, C.; Köchling, C. (2007): PC versus Thin Client. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Studie von Fraunhofer Umsicht. Oberhausen.
- Knermann, C. (2010): Thin Client versus PCs. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. In: Lampe, Frank (Hrsg.): Green-IT, Virtualisierung und Thin Clients. Mit neuen IT-Technologien Energieeffizienz erreichen, die Umwelt schonen und Kosten sparen. Vieweg & Teubner. Wiesbaden. S. 113 – 125.
- Nitsch, J. (2008): „Leitstudie 2008“ Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Oktober 2008.
- Schlomann; B.; Clemens, C. et al. (2005): Technical and legal application possibilities of the compulsory of the standby consumption of electrical household and office appliances. Fraunhofer ISI Karlsruhe.
- Standard Performance Evaluation Corporation (Nov. 2009): All Published SPECpower_ssj2008 Results. Online unter http://www.spec.org/power_ssj2008/results/power_ssj2008.html
- TCO-Development, IVL, IVF (2007): Lot 3 Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors Final Report (Task 1-8). Studie für die European Commission DG TREN. Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs. (Contract TREN/D1/40-2005/LOT3/S07.56313).
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Probas-Datenbank, Kraftwerksmix zur Stromerzeugung in Deutschland, EI-KW-Park-DE-2010 und EI-KW-Park-DE-2020, <http://www.probas.umweltbundesamt.de>, letzter Download 8.10.2010.

Umweltbundesamt (2010): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2008 und erste Schätzung 2009,
<http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf> (letzter Download: 26.10.2010).